ARCHIV FÜR HYGIENE UND BAKTERIOLOGIE




ANNEX
LIBRARY
B


CORNELL UNIVERSITY LIBRARY
3 1924 056 290 889

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Dr. E. CRAMER, Heidelberg; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Moskau; Prof. Dr. J. v. FODOR, Budapest; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Oberstabsarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. G. WOLFFHÜGEL, Göttingen.

HERAUSGEGEBEN

VON

H. BUCHNER, J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O.Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

MÜNCHEN AMSTERDAM WIEN LEIPZIG BERLIN.

FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND **LEIPZIG.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1895.

Inhalt.

Luftbewegung und Wärmedurchgang bei Kleidungsstoffen.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Versuche mit der Thermosäule.

Wir haben bewiesen, dass die Grundstoffe der Kleidung bessere Wärmeleiter sind, als die Luft, welche sie in ihren Poren einschliessen. Je dichter im Allgemeinen ein Stoff wird, um so ungünstiger ist sein Wärmehaltungsvermögen. Die Grundstoffe selbst unterscheiden sich im Leitungsvermögen.

Unsere Experimente haben sich solcher Versuchsanordnungen bedient, wie sie zur exacten Lösung der Frage zureichen.

Bei den bisher angewandten Methoden waren die Kleidungsstoffe in einen metallenen Hohlraum eingeschlossen; zu der Leitung durch die Substanz der Kleidungsstoffe kam in gewissem Grade der Wärmetransport durch die in den Kleidungsstoffen circulirende Luft hinzu. Letztere kehrt immer wieder nach der Abkühlung an die wärmeabgebende Fläche zurück; hierin liegt ein Unterschied von den wenigstens häufig in der Praxis gegebenen Bedingungen.

Hinsichtlich der Art der Bewegung der Luft in der Kleidung sind zwei principiell verschiedene Möglichkeiten zu erwägen.

1. Es kann vorkommen, dass die Luft in den Kleidungsstoffen circulirt, d. h. sich an den warmen Stellen der Hautoberfläche anwärmt und nach Aussen zu gelangt, ohne aber mit der Atmosphäre sich mischen zu können, weil die äussere Bedeckung den Austritt verwehrt. Dann lagern die Verhältnisse wie in einer geheizten Stube, wo die Erwärmung der Luft am heissen Ofen den Wärmekreislauf einleitet und die an den Wandungs- und Begrenzungsflächen abgekühlte Luft dem Ofen zudrängt — eine Circulationsheizung. Diess entspricht unseren bisherigen Versuchsbedingungen,
2. In der Mehrzahl der Fälle wird die sich an der Haut erwärmende Luft aber keinen Kreislauf vollenden, sondern durch die offene Begrenzungsfläche mit der Atmosphäre entweichen, nach Aussen gelangen und durch nachströmende kühle Luft ersetzt werden, das ist dann eine Heizung auf Ventilation.

Die beiden Möglichkeiten bedingen mit Wahrscheinlichkeit einen ungleichen Wärmeverlust, die erstere einen geringeren, die letztere einen grösseren, in Analogie zu den Verhältnissen einer Luftheizung, welche bei Circulation wenig, bei Ventilation aber reichlich Wärme benöthigt; sie werden aber sich auch durch eine unterschiedliche Vertheilung der Wärme markiren, indem die Erwärmung der Stoffe mit zunehmender Ventilation — solange nur die Theilchen beim Vorüberstreichen an der Haut sich zureichend erwärmen — mehr Wärme nach den äusseren Schichten geführt wird.

Die Luftbewegung einer Kleidung wird aber auch davon abhängen, wie dick und wie dicht die Kleidungsstoffe sind, in denen die Luft sich bewegen soll und diese ihre Beweglichkeit wird in letzter Linie auch von den Triebkräften, die durch verschiedenartige Temperaturdifferenzen gegeben sein können, abhängen. Wir gehen auf diese Frage erst später ein.

Ich habe versucht, die Wärmedurchgängigkeit in Stoffen zu prüfen, während die Luftbewegung durch die Maschen der Stoffe vollkommen frei war.

In einer früheren Abhandlung wurde gezeigt, dass, wenn man Stoffe verschiener Dicke auf einen Leslie'schen Würfel befestigt und die Ausschläge eines mit einer Thermosäule verbundenen Galvanometers betrachtet, dieselben in gleichem Grade sich ändern, wie die Gesammtwärmeverluste des Würfels[1]). Wenn die äussere, Wärme ausstrahlende Schicht immer die gleiche wäre — und das lässt sich erreichen — dann würde offenbar die Menge der nach der Thermosäule gestrahlten Wärme ein Maass des verschiedenen Leitungsvermögens sein können. Voraussetzung ist aber, dass die Kleidungsstoffe alle bei gleicher Temperatur der umgebenden Luft untersucht werden. Diess lässt sich insoferne leicht erreichen, als derartige Versuche in verhältnismässig kurzer Zeit hintereinander abgemacht werden können, wobei man auch noch durch Wiederholung derselben unter gleichen Bedingungen etwaige Fehler ausschliessen kann.

Um auf dem genannten Wege das Leitungsvermögen der verschiedenen Stoffe zu studiren, spannte ich das Material in möglichst gleicher, mir durch besondere Messungen bekannter Dicke auf den Leslie'schen Würfel und darüber eine Lage eines dünnen Baumwollenstoffes. Es wurde die Ausstrahlung nach der Thermosäule des Galvanometers gemessen. Vor Beginn der Versuche wurde bei einfach mit Baumwolle überzogenem Würfel die Ausstrahlungsgrösse bestimmt[2]).

Ich habe also zur Feststellung der Wärmeleitung diesmal nicht die Gesammtquantität der abgegebenen Wärme gemessen, sondern nur die Strahlung; da aber immer die gleiche ausstrahlende Fläche, nämlich Baumwolle verwendet war, so ist die Strahlung proportional dem gesammten Wärmeverlust, also ein Maass desselben. Die Bedeckung mit einer geschwärzten Kupferplatte hatte ich auch in Betracht gezogen; sie konnte aber in den nachstehend berichteten Versuchen keine Anwendung finden.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, S. 353.

2) Bezüglich der galvanometr. Messungen siehe auch Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, S. 109.

Der Würfel wurde stets auf 99,5° geheizt. Wenn die umgebende Luft = 20° angenommen wird, so betrug also der Temperaturunterschied etwa 80°, während an dem Körper Unterschiede von 38° bis — 10 d. h. etwa 48° bei unserem Klima Grenzen für die treibenden Temperaturdifferenzen darstellen dürften.

Die höhere Temperatur hatte aber den Vortheil, dass die Stoffe, welche geprüft wurden, stets wasserdampffrei waren, und dass die Ausschläge des Galvanometers erheblich grosse wurden. Die Ablesungsfehler der galvanometrischen Beobachtung sind bei den gewonnenen Ausschlägen unerheblich.

Die Beobachtungen können in ziemlich rascher Folge und ohne besonders umständliche Vorbereitungen durchgeführt werden. Doch hat man sorgfältig auf die gleichmässige Durchwärmung der Stoffe zu achten; vernachlässigt man sie, so wird man die allergrössten Fehler begehen. Ich habe mich stets durch mehrfach wiederholte Messungen von dem Wärmegleichgewicht überzeugt.

Zur Messung habe ich nur die typischsten Stoffe verwendet.

1. Appretirte Baumwolle, als Typus der dichtesten Gewebe.
2. Tricot-Baumwolle
3. » -Wolle
4. » -Seide

} Stoffe gleicher Webweise und gleicher Dichtigkeit

5. Wollflanell, als Typus des lockersten Gewebes.

Da es bei dem Wärmeleitungsvermögen nicht nur auf die Art der Grundstoffe, sondern auch auf die Mischung zwischen Luft und Grundstoff ankommt, habe ich nur Gewebe von bekanntem specifischen Gewicht verwendet; auf die Zahlen komme ich später zurück.

Dort, wo die Frage entschieden werden sollte, ob die Grundstoffe einen Einfluss auf den Wärmedurchgang haben, kamen auch gleichartige Gewebe von fast gleicher Dichtigkeit zur Anwendung.

Die Versuchsreihen wurden in zwei verschiedenen Stoffdicken durchgeführt.

	I. Reihe		II. Reihe	
	Lagen	Dicke in mm	Lagen	Dicke in mm
Baumwolle appretirt	5	2,05	11	4,5
Tricot-Wolle . . .	2	3,6	4	7,2
» -Seide . . .	3	2,25	6	4,5
» -Baumwolle . .	2	2,75	4	5,5
Wollflanell . . .	1	2,25	2	4,5.

Genauer liessen sich die Stoffe nicht übereinstimmend machen. Die Wolle wurde etwas zu dick gewählt; früher mit dem gleichen Stoff ausgeführte Messungen ergaben eine wesentlich geringere Dicke. Die Wärme macht den Tricotstoff entschieden durch Zusammenziehen der Maschen dicker.

Die Stoffe wurden so gemessen, wie sie auf dem Leslie'schen Würfel aufgebunden waren. Der Leslie'sche Würfel wurde zunächst mit appretirter Baumwolle überbunden, auf eine horizontale Unterlage vor einen Maassstab gebracht, alsdann ein Korkstück mit einer an einem vertikalen Stäbchen angebrachten Nadel darauf gelegt und mit dem Kathetometer abgelesen. Alsdann wurden die zu prüfenden Stoffe aufgebunden und darüber dann der appretirte Baumwollstoff und wieder gemessen. Die Differenz beider Messungen gab die Stoffdicke des zu untersuchenden Materials.

Die Anwendung irgend einer anderen Dickenmessung der Stoffe führt zu ungenauen Resultaten. Die Irrungen, welche man bei dem Aufbinden solcher Stoffe durch ungleich straffes Anziehen macht, werden vielfach überschätzt; mit einiger Uebung wird man alle derartigen Einflüsse vermeiden lernen.

Wir haben für die früher berichteten Methoden im Allgemeinen grössere Stoffdicken gewählt, als in der ersten Reihe dieser Experimente. Doch entsprechen beide Reihen ungefähr der für das Stefan'sche Calorimeter benutzten Dicke der Schichten.

Streng genommen sind nur die Tricotgewebe unter sich hinsichtlich des specifischen Leitungsvermögens vergleichbar.

Wollflanell und glatte Baumwolle differiren zu sehr in ihrem specifischen Gewichte, als dass die gefundenen Differenzen auf

die Grundsubstanz bezogen werden könnten. Ihre Vergleichung hat nur allgemeines Interesse für die Feststellung der zwischen sehr lockeren und sehr dichten Geweben in Frage kommenden Grenzwerthe.

Vergleicht man die Mittelwerthe der ersten Reihe, wie sie in Tabelle I eingetragen sind, so ist in erster Linie die grosse Aehnlichkeit der Resultate auffallend. Wir haben alle Beobachtungen von 83° Temperaturunterschied auf 80° berechnet, indem wir innerhalb dieser engen Grenzen eine einfach proportionale Beziehung zwischen Wärme und Ausstrahlung annehmen.

Gewisse noch bestehende Differenzen sind offenbar auf ungleiche Dicke der Stoffe zurückzuführen; dieser Fehler lässt sich übrigens beseitigen. Ich habe für mehrere Stoffe das Gesetz der Abnahme der Wärmeabgabe mit zunehmender Dicke[1]) erörtert und wenn wir uns die dort gegebenen Zahlen zu Nutze machen wollen, so lassen sich die Werthe für gleiche Dicken angeben.

Tabelle I.

Bezeichnung	Dicke des Stoffes in mm	Ausschlag im Mittel pr. 80° Temp.-Differenz	Ausschlag bei gleicher Dicke	Wärmesparung in %
1 Lage Baumwolle, appretirt	—	81,5	—	—
Baumwolle, appretirt	2,40	53,8	54,5	33,1
Tricot-Wolle	3,60	47,3	55,5	32,1
» Baumwolle	2,50	54,4	56,3	31,9
» Seide	2,25	55,4	55,4	32,1
Wollflanell	2,25	55,2	55,2	32,3

Die auf gleiche Dicke berechneten Werthe zeigt Stab 4.

Um die Ergebnisse weiter zu prüfen, stellte ich nochmals eine Reihe von Versuchen mit etwa doppelt so dicker Stofflage an, wobei die unvermeidlichen Fehler der Methode sich wieder verkleinern. Nachstehende Tabelle führt die Mittelwerthe aus drei besonderen Versuchsreihen, die mit grösstmöglichster Sorgfalt angestellt sind, an.

1) Archiv f. Hygiene, XVI, S. 353.

Tabelle II.

Bezeichnung	Dicke des Stoffes in mm	Ausschlag im Mittel pr. 80° Temp.-Differenz	Ausschlag bei gleicher Dicke	Wärme-sparung in %
1 Lage Baumwolle, appretirt .	—	82,3	—	—
Baumwolle, appretirt	4,5	49,3	49,3	40,4
Tricot-Wolle	7,2	40,5	46,8	43,4
» Baumwolle	5,0	48,1	49,7	39,8
» Seide	4,5	48,8	48,8	41,0
Flanell	4,5	47,0	47,0	42,1

Auch hier gelang es nicht, Stoffe von absolut gleicher Dicke herzustellen, sondern die Dicke weicht beim Wolltricot um 2,7 mm von den übrigen ab. Selbst Zehntel eines Millimeters machen ihren Wärme hemmenden Einfluss geltend. Stab 4 enthält die Angabe auf gleiche Dicke berechnet. Stab 5 die procentige Wärmesparung.

Am besten zwar wirkte unter den gleichartig gewebten Stoffen Wolle, dann Seide, am wenigsten Baumwolle. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den früheren Messungen. Auffallend sind aber die geringen Differenzen zwischen der appretirten Baumwolle, dem dichtesten Stoff und dem Flanell, dem lockersten Stoff. Immerhin ist der Unterschied zu Gunsten der Wolle und des lockeren Gewebes vorhanden, aber er ist geringer, als man nach unseren früheren Versuchen erwarten durfte. Freilich lassen sich die Zahlen nicht unmittelbar vergleichen, weil in dem einen Falle die durch die Stoffe hindurchgegangene Wärme, in diesem Falle die Behinderung des Wärmeverlustes des Leslie'schen Würfels gewählt werden musste. Die letzten Zahlen geben, als Procente ausgedrückt, offenbar weniger starke Ausschläge als das erste Verfahren.

	Durchströmungsapparat	Freie Wärmeabgabe
Wollflanell	100,0	100
Glatte Baumwolle	150,5	102,6

Im Durchströmungsapparat waren also die Differenzen viel grösser als hier bei freier Wärmeabgabe. Die Zahlen lassen

aber nicht ersehen, ob die glatte Baumwolle im Durchströmungsapparat wärmedurchgängiger wird, als bei freier Wärmeabgabe, oder ob nicht vielleicht der Grund für dies Verhalten bei dem Wollflanell zu suchen gewesen wäre, der vielleicht bei Berührung mit der Luft wärmedurchgängiger geworden ist.

Differenzen im Leitungsvermögen sind unzweifelhaft vorhanden; sie können nicht auf Zufälligkeiten beruhen, zumal diese Werthe aus 5 verschiedenen Serien mit mehrmals wiederholten Versuchen hervorgegangen sind.

Die relativen Werthe für die Ausstrahlung sind:

Flanellwolle	100,4
Appretirte Baumwolle .	105,4
Tricotwolle	100,0
Tricotseide	104,3
Tricotbaumwolle . . .	106,2.

In allen Fällen kehrt also das Verhältnis wieder, dass die Wolle auch unter diesen Bedingungen im Wärmeerhaltungsvermögen überwiegt.

Was die Beziehungen des specifischen Gewichts anlangt, so können diese keine bemerkenswerthe Rolle gespielt haben. Die Tricotwolle hatte 0,180 spec. Gewicht, Tricotseide 0,21 und Tricotbaumwolle 0,20. —

Gerade den Vergleich von Tricotwolle und Baumwolle habe ich noch oft wiederholt. Viele Monate nach den obigen Reihen nahm ich die Vergleichung nochmals vor, weil ich damals die Annahme, dass die Grundstoffe ein gleiches Wärmeleitungsvermögen hätten, noch für richtig hielt und Zweifel in diese meine Messung setzte.

Für gleiche Dicke fand sich

bei Tricotwolle . .	46°	Ausschlag
bei Tricotbaumwolle	49°	»

was einem Verhältnis von 100 : 106,5 entspricht.

Fast zwei Jahre nach den Versuchsreihen, welche ich in Vorstehendem mitgetheilt habe, nahm ich die Experimente wieder auf. Alle Stoffe bis auf den Flanell, den ich durch ein neues

Stück ersetzen musste, fanden sich noch vor; folgende waren die unmittelbaren Ergebnisse:

	Aeltere Reihe	Neue Reihe[1])	Relative Zahlen der neuen Serien
Tricotwolle	40,5	55,5	100
» -Seide	48,8	58,3	105,0
(glatte Leinwand) . .	—	(58,8)	105,9
Shirting	49,3	59,9	107,9
Tricotbaumwolle . .	48,1	59,9	107,9
Flanell	47,0	61,0	109,9

Es handelt sich im Weiteren nun darum noch zu erfahren, aus welchen Gründen die Grenzwerthe zwischen Wollflanell einerseits und den dichtesten Glattgeweben anderer Stoffe nicht zu grösseren Differenzen geführt haben.

Wir können vermuthungsweise annehmen, dass die Energie der Luftströmung in den Kleidungsstoffen am Leslie'schen Würfel eine sehr grosse gewesen sein muss.

Hiezu kommt noch der Umstand, dass in den früheren Experimenten die Luft sich nicht völlig frei bewegte, sondern gezwungen war, einen Kreislauf in der Kleidung zu vollenden, während die auf dem Leslie'schen Würfel nur von der von Aussen eintretenden Luft ersetzt wurden.

Je grösser und lebhafter die Luftbewegung, um so mehr wird bei den lockeren Stoffen Wärme nach Aussen transportirt werden müssen und um so höher wird die Temperatur der Wärme ausstrahlenden und durch Leitung abgebenden Fläche.

Zunächst wird nun freilich zu prüfen sein, inwieweit die Luft in den Kleidungsstoffen beweglich ist, ehe man über diesen Einfluss der Lufterwärmung in den Poren etwas Bestimmteres aussagen kann.

Ein allgemeines Urtheil über den Einfluss ungleich stark bewegter Luft auf die Wärmeabgabe kann man aus dem folgenden Versuch entnehmen.

---

1) Die absoluten Zahlen sind wegen des verschiedenen Abstandes von der Säule verschieden.

Führt man solche bei verschiedenen Temperaturen aus, so erhält man verschiedene Triebkräfte der Luft:

bei 20° wiegt die Luft	1,2058		1,2058		1,2058		1,2058
» 40° » » »	1,1282	bei 60°	1,0604	bei 80°	1,0003	bei 100°	0,9467
Treibende Kraft pr. 1qcm und in mm Wasser	0,0776		0,1454		0,2055		0,2611
Verhältnis =	1	:	1,9	:	2,6	:	3,4
Temp.-Diff.-Verhältnis =	1	:	2	:	3	:	4

Die treibenden Kräfte nehmen langsamer zu als die Temperaturdifferenzen; bei 100° ist aber die Triebkraft um das 3,4 fache gewachsen.

Uebt dieses Moment einen Einfluss auf den Wärmedurchtritt, so müsste der Vergleich eines lockeren und eines dichten Stoffes bei verschiedener Temperaturdifferenz ungleiche Resultate geben.

Ich bezog den Leslie'schen Würfel an zwei benachbarten Seiten mit je 10,06 cm dicken Schichten von Stoffen. Unter einer Lage von Baumwollstoff waren auf der einen Seite 3 Lagen starken Flanells, auf der andern Seite 29 Lagen eines dünnen Stoffes. Ich maass bei 100°, liess den Würfel allmählich abkühlen und erhitzte ihn dann wieder. Die Strahlung der Flanellseite und der Baumwollseite wurden bei verschiedener Temperatur verglichen. Während bei 100° die beiden Seiten gleichviel Wärme durchliessen, bezw. die Aussenflächen gleich warm waren, zeigten sich beim Sinken der Temperatur (und dem Wiederansteigen) Ungleichheiten der Ausstrahlung. Die Baumwollseite strahlte mehr aus als diejenige Seite, wo unter der Baumwolle Wolle lag.

Diess würde dafür sprechen, dass eine mächtige Ventilation die wärmehaltenden Wirkung des Flanellstoffs übercompensiren kann. Bei geringer Triebkraft der Luft erhält der Flanell dann wieder seine Vorzüge vor dem festen Stoff — der glatten Baumwolle oder etwas Aehnlichem.

Die Verhältniszahlen waren folgende:

Differenz des Leslie'schen Würfels und der Luft	Relative Werthe	
	Baumwolle	Wollflanell
80	100	102
36	100	81
22	100	78

Die Differenzen sind damit ausreichend erklärt und verständlich. Durch den Wollflanell streicht die Luft vermuthlich mit solcher Lebhaftigkeit, dass sie den Transport der Wärme zu einem wesentlichen Theil übernimmt.

Wenn man auch immer rein theoretisch auf dieses Moment des Wärmetransports hinwies, so ist derselbe bisher doch nicht näher und quantitativ schätzbar nachzuweisen gewesen.

An dieser Stelle möchte ich hervorheben, dass man mittelst der Thermosäule und eines in geeigneter Weise construirten Metallwürfels durchaus in der Lage ist, die wesentlichsten Grundgesetze über das Leitungsvermögen von Grundstoffen und Geweben darzuthun.

Ich liess mir, um in einfachster Form, etwa für Vorlesungszwecke, solche Experimente anzustellen, auf die eine Seite des Würfels einen schmalen Messingrahmen auflöthen, auf welchem ein Hartgummistreifen allseitig befestigt war. Auf diesen Hartgummi konnte eine geschwärzte Messingplatte durch Messingstreifen, die mit dem Würfel in keiner metallischen Verbindung standen, festgehalten, aufgeschoben werden, so dass ein fast luftdichtes, 10 bis 11 mm tiefes, 130 mm im Geviert messendes Kästchen entstand. In dieses konnten die Kleidungsmaterialien eingelegt werden.

Der Apparat leer und bei verschiedener Füllung geprüft, gab verschiedene mit der Füllung wachsende Werthe. Die Strahlungen nahmen der Luftfüllung = 100 gegenüber zu:

Bei einer Lage Flanell auf 107,0,
» zwei Lagen » » 110,5,
» drei » » » 114,0,
» fünf » » » 117,6.

Man darf während der Versuchsreihe den Würfel nicht erwärmen; die Stoffe sollen, ehe sie in das Kästchen kommen,

geeignet vorgewärmt sein. Bei dichten Stoffen dauert es ziemlich lange, bis ein genauer Temperaturausgleich erfolgt ist. Geeignete Ausschläge erhält man, wenn der Würfel um etwa 25° höher als die umgebende Luft erwärmt ist.

Ich habe keine Veranlassung, weiter auf die gewonnenen Zahlen hier einzugehen, da naturgemäss die Relationen zu Luft nicht exakt werden. Bei den zu wählenden Dimensionen des Apparats erhält man (bei 10 bis 11 mm Abstand der Flächen) bei Luft zu hohe Werthe für den Wärmedurchgang durch Leitung.

Es ist verständlich, dass bei den verwickelten Verhältnissen, von welchen die Wärmeabgabe durch die Kleider hindurch abhängig ist, die rein praktische Beobachtung nicht in der Lage war, ins Klare zu kommen. Wir haben gesehen, dass an dem Wärmedurchgang durch das Kleidungsmaterial sowohl die Eigenart der Grundstoffe, als die Dichtigkeit, als auch die grössere Luftbewegung, soweit sie durch Temperaturunterschiede erregt werden kann, von Einfluss sind. Derselbe Stoff kann also unter verschiedenen Bedingungen in seinen wärmenden Eigenschaften sehr ungleich sich repräsentiren.

Das Wärmeleitungsvermögen verschiedener Stoffe wird erst richtig wahrgenommen, wenn grosse Temperaturunterschiede vorhanden sind. Bei kleinen sind die zufälligen Aenderungen in der Wärmeempfindung, wie sie durch Verschiebungen in der Dicke der Stoffe auftreten, zu bedeutend, als dass sie bemerkt würden.

Sind die Stoffe sehr locker im allgemeinen gearbeitet, so bemerkt man von den Verschiedenheiten und der Specifität des Leitungsvermögens nicht viel, weil alsdann das Wärmeleitungsvermögen der Luft für sich ausschlaggebend ist.

Das ungleiche Leitungsvermögen macht sich am ehesten bemerkbar bei Anzügen, welche aus dichteren Geweben bestehen, ferner dann, wenn durch die Aufnahme von hygroskopischem Wasser die Wärmeleitung der Fasern zunimmt.

Die vorliegenden Betrachtungen würden uns endlich auf die Beziehungen der Luftbewegung zur Kleidung führen; also auf jenes Thema, das man gerade in der ersten Zeit des Studiums

der Kleidung mit einer gewissen Vorliebe gepflegt hat. Wenn schon wir der Anschauung sind, dass dieses Moment der Luftbewegung in einer anderen Weise als durch rein physikalische Experimente zu lösen sei, so können wir uns doch nicht versagen, auf einige allgemeine Beziehungen der Luft zur Kleidung einzugehen. Im Wesentlichen sollen aber die Fragen nur so weit, als sie in einer näheren Beziehung zu meinen Versuchen über die Wärmeleitung gebracht werden können, behandelt werden.

In der Litteratur findet sich mehrfach die Frage der Luftdurchgängigkeit so dargestellt, als seien diese Experimente von Pettenkofer u. A. in erster Linie nur mit Rücksicht auf die natürliche Ventilation der Kleidung durch Temperaturdifferenzen angestellt worden. Derartige Angaben können nur entstehen, wenn man die älteren Experimente nicht kennt.

Luftbewegung in der Kleidung.

Allgemeines.

Die Frage der Luftbewegung durch die Hohlräume der Kleidung ist bis jetzt nicht in systematischer Weise geprüft, d. h. nicht mit Rücksicht auf den Aufbau der Kleidung.

Die Ziele solcher Experimente über die Luftdurchgängigkeit waren von Anfang an wesentlich andere. Die Luftdurchgängigkeit der Kleidung ist von dem Gesichtspunkte aus geprüft worden, um zu beweisen, dass sie Luft enthält und um darzuthun, dass diese zunächst auffallende Thatsache sogar in einer nahen Beziehung zum Wärmehaltungsvermögen stünde. Man sagt, die Kleidung muss luftig sein, denn gerade die luftigsten, wie der Flanell, sind auch die wärmsten Stoffe. Zu derartigen Schlüssen wäre man streng genommen nicht berechtigt gewesen, weil man das Wärmehaltungsvermögen der Stoffe nicht zureichend kannte. Die Parallele zwischen Wärmehaltungsvermögen und Luftströmung war durch die älteren Methoden nicht wohl zu erbringen.

Die Bedeutung der Luft in der Kleidung lässt sich jetzt in einer ganz bequemen und einfachen Weise erweisen. Wir haben gezeigt, dass zu dieser Aufgabe sich die Bestimmung des Porenvolums in erster Linie eignet, und dass diese Methode

durch mikroskopische Durchschnitte der Gewebe in entsprechender Weise ergänzt werden kann. Zum Zwecke der Orientirung über die Zusammensetzung der Kleidung wird man also auf die Permeabilitätsbestimmungen nicht mehr zurückzugreifen brauchen.

Das Studium der Permeabilität der Kleidungsstoffe bleibt von Wichtigkeit für die Frage des natürlichen Luftwechsels der Kleidung; die hygienischen Lehren werden im Kapitel der Kleidung ebensowenig solcher Untersuchungen entrathen wollen, wie man bei den Baumaterialien und bei dem Boden dieselben hat nicht entbehren können. Man hat auch bereits mehrfach solche Permeabilitätsmessungen für die Frage der Kleiderventilation zu verwerthen gesucht.

Das wesentliche Ergebnis, welches meine Untersuchungen über den Aufbau der Kleidungsstoffe geliefert haben, zeigt, dass man unrecht gethan hat, von einem specifischen Luftgehalt der Wolle im Gegensatz zu Leinen und Baumwolle zu reden.

Für die Luftdurchgängigkeit kommen nicht sowohl, wie man zum Theil anzunehmen scheint, die Eigenschaften der Grundstoffe, aber wesentlich die Webweise in Betracht. Statt aller weitläufigen Beschreibungen werfe man einen Blick auf die Photogramme[1]), welche ich vor einiger Zeit über die mikroskopische Structur der Kleidung gegeben habe. Welche unendliche Mannigfaltigkeit der Wege für die Luft und der Widerstände treten uns da in den von der Technik gelieferten Geweben entgegen. Grosse Contacträume neben mässigen Hohlräumen der Zwischenfadenräume und kleinste Kanäle und Fadenräume von 0,05 und darunter. Kurze und lange gestreckte Hohlräume lagern sich an cubische und polygonale mannigfaltigster Art.

Wie durch die von Dr. Schierbeck in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen gezeigt worden ist, lässt sich für die Fälle des praktischen Lebens die natürliche Ventilation der Kleidung auf einem einfachen Wege durch die Unter-

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXII, S. 1.

suchung der Kleiderluft und deren Kohlensäure feststellen[1]). Wir haben auch die Grösse des natürlichen Luftwechsels genauer bestimmt und werden diese Frage späterhin noch weiter verfolgen.

Zu Kleiderluftuntersuchungen kann man in bequemer Weise den Wolpert'schen Luftprüfer benützen, den ich für solche Zwecke einer gewissen Abänderung unterworfen habe. Man lasse den Kolben des Cylinders durch eine Schraube bewegen, so kann man auch kleine Luftproben bequem abmessen. Die Luft lässt sich leicht aus den Kleidern entnehmen, wenn man an dem Wolpert'schen Apparat ein Injectionsrohr, wie man es bei der Pravaz'schen Spritze verwendet, befestigen lässt. Diese Kanüle führt man zuerst bis an die Haut heran und schöpft dann die Luftproben. Ich habe mit diesem Apparate viele solche Experimente ausführen lassen.[2])

Die compendiöse Form der Untersuchung macht derartige Prüfungen jetzt recht leicht. Auch der Petterson-Apparat ist zu solchen Untersuchungen vorzüglich geeigenschaftet.

Es mangelt aber immer noch an Versuchen, welche darthun, in wie weit die Permeabilität der Stoffe von ihrer Structur abhängig sei; diese Kenntnis wird erst im Zusammenhalte mit dem Wärmeleitungsvermögen ein Urtheil geben über die Beständigkeit oder Unbeständigkeit des Letzteren nach Maassgabe der äusseren Bedingungen.

Will man solche ergänzende Permeabilitätsbestimmungen machen, dann wird man sich auf gewisse praktische Grenzen beschränken können, praktische Grenzen sowohl hinsichtlich der Variation des Gefüges (Porenvolum, specifisches Gewicht), als auch des Druckes.

Die Druckgrenzen sind offenbar ziemlich weite, je nach den Ursachen, die man heranziehen will.

Bei dem Aufenthalt im Freien spielt die Windbewegung und die Eigenbewegung des Menschen eine Rolle.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, S. 203.

2) Die Mittheilung wird von anderer Seite in dieser Zeitschrift erfolgen.

Der Wind trifft entweder senkrecht auf die Kleidung und presst so Luft ein, oder er gleitet parallel den Kleidungsflächen vorüber und saugt Luft an. Auch die von der Windrichtung abgewendete Seite eines Menschen erleidet eine Aenderung der Luftbewegung.

Die in Frage kommende pressende Kraft des Windes ist sehr erheblich;

bei anscheinend vollkommener Windstille kann der Druck noch 0,3 mm Wasser
bei mässigem Wind . . . . 7,8 » »
bei ziemlich starkem Wind . . . . 27,4 » »
u. s. w. betragen.

Alle diese Pressungen vermögen erhebliche Luftquantitäten durch Kleidungsstoffe hindurchzudrücken.

So sah v. Pettenkofer bei 40—50 mm Wasserdruck in 1 Minute durch 0,8 qcm bei Leinwand 6 l, bei Flanell 10,4 l Luft durchtreten.

Nach dem Vorgange Pettenkofer's sind dann späterhin von verschiedenen Autoren solche Prüfungen der Permeabilität der Stoffe vorgenommen worden, ohne dass gerade die späteren Beobachter sich bemüht hätten, ihre Ergebnisse mit schon vorhandenen anderen Angaben in richtigen Vergleich zu setzen.

Um eine Vorstellung des Durchganges bei kleinem Winddruck zu geben, mögen folgende von mir erhobenen Zahlen angereiht sein.

Bei 0,86 mm Wasserdruck gehen für die oben genannten Einheiten hindurch:

Bei glatter Baumwolle . . . . . 0,038 l
» Flanell . , ... 0,066 l
» Baumwolltricot . . . . . 0,096 l

Diess wären also die für häufigere Luftströmungen in Betracht kommenden Grenzwerthe; sie geben nur eine ungefähre Vorstellung von den Lüftungsvorgängen. Eine Uebertragung derartiger aus rein physikalischen Experimenten gefundenen Werthe auf den bekleideten Menschen ist absolut unmöglich.

Es ist ein Irrthum, wenn man die Anschauung hegt,[1]) es sei absolut gleichgültig zu wissen, wie viel Luft bei grösserem Druck durch die Kleidungsstoffe hindurch geht; der Bekleidung kommt die spezielle Aufgabe zu, den durch die Luftbewegung im Freien gegebenen starken Luftzug unserer Kleidung zu regeln. Die Fälle sind sehr mannigfaltige, je nachdem es sich um in Bewegung befindliche Menschen oder in Ruhe befindliche handelt; die Angelegenheit erfordert eine recht eingehende Betrachtung, auf welche ich an dieser Stelle verzichten muss.

Von den Luftströmungen im Freien und ihrer Rückwirkung auf die Wärmehaltung der Kleidungsstoffe will ich im Rahmen dieser Publication völlig absehen, da dieselben nur im Zusammenhalt mit vielen anderen Thatsachen, die ich a. O. mittheilen werde, besprochen werden können. Es bleiben sonach für unsere Betrachtung jene Einflüsse übrig, welche weniger intensiv in der Wirkung an sich, doch durch die Beständigkeit derselben eine hervorragende Bedeutung gewinnen.

Neben den Windstössen kommen Bewegungen des Körpers als Ursachen der Luftbewegung in Betracht. Die Athembewegungen verschieben die der Haut des Bauches und der Brust zunächst gelegenen Kleidungsstücke, während bei ruhiger Athmung und lockerer Kleidung die äussere Begrenzung derselben nur geringe Excursionen zeigt. Diese Bewegungen sind aber so langsam, dass ich von einer sicher nachweisbaren Aenderung des Drucks in der Kleidung bei mir und anderen Personen nichts habe auffinden können. Nur wenn etwa durch einen zu engen Schluss des Halskragens dem Entweichen der Luft Schwierigkeiten entstehen, oder ein stark gestärktes Hemd, oder ein luftimpermeabler Stoff den Luftaustausch stört, kann man kleine Zuwüchse des Druckes feststellen.

Aehnliche Verschiebungen mit Saug- und Presswirkungen auf die in den Kleiderhohlräumen eingeschlossene Luft nimmt man bei dem Gehen und bei der Arbeitsleistung wahr. Unter ihrer Wirkung habe ich mehrfach die CO_2 in der Kleiderluft abnehmen

1) Siehe bei Nocht S. 89. Zeitschrift f. Hygiene, V.

sehen. Sie ist also wirklich eine beachtenswerthe Grösse, aber im einzelnen unendlich variabel.

Man hat den Druck, unter welchem die Ventilation in unseren Kleidungen erfolgt, angeblich gemessen mit dem Recknagel'schen Differentialmanometer. In der Achselhöhle z. B. soll nach Nocht ein Sinken und Steigen um 0,04 mm Wasserdruck mit der Athmung vorkommen. Ich habe derartige Unterschiede nie finden können, und mag das Vorkommnis bei Nocht vielleicht durch die Militärkleidung bedingt gewesen sein, die durch ihren festen Schluss dem Eindringen von Luft hinderlich ist.[1])

Viel wird davon gesprochen, dass in den Kleidern, speciell beim Manne, ein aufsteigender Luftstrom sich fände. Der Eintritt der Luft soll an den Hosenbeinen, der Austritt wesentlich an den Halsöffnungen erfolgen. Ich habe mich mehrfach bei mehreren Personen bemüht, durch Einleiten von CO_2 an bestimmten Stellen der Kleidung ihre Wanderung zu studiren. Die CO_2 wurde kühl oder warm in die Kleidung geleitet, um allenfalls das Sinken oder Steigen im Luftstrom wahrzunehmen. Es hat sich keine Thatsache finden lassen, welche zu dem continuirlich in der Kleidung aufsteigenden Luftstrom passt. Die Durchgängigkeit der Kleidung für Luft ist so erheblich, dass auch durch die Masse der Kleidung hindurch ihre Wanderung unbeschränkt erscheint, und jeder Körpertheil hat, wie von Schierbeck[2]) nachgewiesen wurde, seine specielle Ventilation.

Bei der Ventilation der Kleidung wird diese gewissermaassen in einzelne Ventilationsbezirke zerlegt und man braucht sich also nicht einen einheitlichen gleichmässigen Luftstrom vor-

1) Die Berechnungen von Nocht in dieser Frage, welche den Angelpunkt seiner Untersuchungen darstellen, sind nicht zutreffend. Leitet man nach seiner Angabe den beobachteten Druck in der Kleidung ab, so kommt man, wie bereits Dr. Reichenbach mitgetheilt hat (Hyg. Rundschau, 1894, S. 1057), nicht auf 0,04 mm Wasserdruck, sondern überhaupt nur auf 0,016 mm. Es ist aber noch weiter die Ableitung des durch Temperaturdifferenz gegebenen Drucks sowohl in ihren Annahmen, als auch hinsichtlich der Ausführung der Berechnung wohl auf ein Uebersehen zurückzuführen. A. a. O., S. 89.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, a. a. O.

zustellen. Es sind Luftströme, welche schleifenartig in das Innere der Kleidung einfallen und nach kurzen Wegen wieder nach Aussen treten. Von einer rein theoretischen Ableitung der Kleiderventilation kann füglich keine Rede sein; weil die Widerstände und ihre Wegstrecken für die Luft ganz unbekannt sind. Immerhin aber vermag man sich über die treibende Kraft jetzt ein näheres Bild zu machen, da aus meinen Messungen die Kleidertemperaturen bekannt geworden sind.

Will man sich auf die theoretische Betrachtung der etwa wirksamen Triebkräfte in der Kleidung einlassen, so liesse sich darüber etwa Folgendes sagen.

Die perpetuirliche Bewegung der Luft in der Kleidung ist, wie jene der freien Luft, auf Temperatur-Differenzen zurückzuführen. Diese treibenden Kräfte sind im allgemeinen sehr gering. Man kann annehmen, dass bei 15° Lufttemperatur die mittlere Temperatur der gesammten Kleidung höchstens 28° beträgt, das entspricht einem Ueberdruck für 1 m Höhe in 0,053 mm Wasserdruck (= Kilo). Da aber solche umfangreiche Parthien für die Ventilation kaum in toto in Betracht kommen, wird der Druck kleiner sein müssen; für 1 cm Höhe wäre der Ueberdruck nur mehr 0,00053 mm Wasser, eine fast unmessbare Grösse.

Die Kleiderventilation ist dadurch entschieden sehr begünstigt, als der Austausch auf einer grossen Fläche und durch geringe Dicken hindurch erfolgt. Von den Begrenzungsflächen mit der Luft dringt dieselbe direct in die Stoffe ein.

Der in den Kleidern verfügbare Trieb der warmen Luft ist offenbar nicht immer der gleiche; er wird abhängig sein von der äusseren Temperatur. Je niedriger diese, umso grösser wird die Temperaturdifferenz zwischen Kleidungsluft und Atmosphäre — vorausgesetzt, dass der Mensch dieselbe Kleidermenge beibehält.

Mit Zunahme der Kleiderdicke sinkt die Aussentemperatur der Kleidung, also auch die absolute Höhe der mittleren Kleidertemperatur, während die Differenzen von Luft und Kleidung die gleichen sein können. Mit der Dicke wächst der Auftrieb der Luft, allerdings aber auch der Reibungswiderstand.

Unter mittleren Verhältnissen wird bei mässig dicker Kleidung der Wärmeauftrieb zwischen 0,001 mm und 0,020 mm Wasser schwanken.

Mit sinkender Temperatur wird der Unterschied zwischen mittlerer Kleidungstemperatur und umgebender Luft immer grösser. Die aus diesen Gründen eingeleitete Kleiderventilation muss also ständig zunehmen.

Inwieweit Luftbewegungen durch Variation der Dichte, Dicke der Stoffe, Stärke des Drucks der Luft beeinflusst werden, darüber geben innerhalb der absichtlich von uns gesteckten Grenzen die nachfolgenden Bemerkungen und Experimente eine genäherte Vorstellung.

a) Luftdurchtritt bei gleichem Druck und gleicher Dicke und ungleicher Maschenweite.

Das Studium der Luftbewegung in der Kleidung hat bis jetzt wesentlich sich mit der Erhebung der Permeabilität, d. h. der Durchgängigkeit eines zur menschlichen Bekleidung verwendeten Stoffes beschäftigt. Unsere Aufgabe ist eine wesentlich andere; wir wünschen im Zusammenhange mit dem Versuche über den Wärmedurchgang zu erfahren, ob die Bewegungsgesetze der Luft in der Kleidung dazu beitragen können, den Wärmedurchtritt mit zu erklären.

In allen Fällen wird es nothwendig sein, die principiellen Unterschiede und die Beziehungen der Luftbeweglichkeit zur Struktur der Kleidungsstoffe kennen zu lernen.

Die im täglichen Leben benutzten Gewebe sind, wie von mir näher nachgewiesen wurde, nach zwei Richtungen hin ungleich beschaffen: sie haben ungleiche Dicke und ungleiche Dichte. Die Dichte wird, abgesehen von der Lockerheit und Straffheit der Gewebe, durch die Webweise bestimmt; nur die in praktischen Fällen überhaupt vorkommenden Grenzen sollen zum Gegenstand der Untersuchung werden. Die ungleiche Dichte wird, wie anderen Ortes angegeben, am besten durch das specifische Gewicht der Stoffe ausgedrückt.

Zur Orientirung über den Einfluss der Dichte der Stoffe mag folgender Versuch dienen:

In einer Glasröhre von 235 ccm Inhalt werden in einem Versuch 12, im anderen 24 g sorgfältig gelockerte und gleichmässig vertheilte Watte gebracht und bei bestimmtem Druck durch eine Gasuhr gemessene Luftmengen durchgeleitet.

Die erste Anwendung gab bei 0,026 spec. Gew. 0,648 l p. 5 Min.
Die zweite » » » 0,052 » » 0,230 l » » »

Mit Zunahme des specifischen Gewichts nimmt also der Luftdurchtritt rasch ab; die Verdopplung der Stoffmenge mindert den Luftdurchtritt von 100 auf 35,4.

Ich habe mich weiter bemüht, die üblichen typischen Bekleidungsstoffe, wie glattes Gewebe, Tricote, Flanelle bei gleicher Dicke auf den Luftdurchtritt zu prüfen. Diess war nur möglich, wenn mehrere Lagen von Tricot und noch zahlreichere von glatter Baumwolle mit dem dicken Flanell in Vergleich kamen. Die Stoffe wurden mit peinlicher Sorgfalt auf einen Blechcylinder aufgezogen, am Rande sorgfältig gedichtet. Der Blechcylinder war mit einem Differentialmanometer verbunden, die durchgesaugte Luft wurde an einer geaichten Gasuhr gemessen. 5 Lagen Baumwollstoff, 2 Lagen Baumwolltricot und 1 Lage Flanell wurden bei 0,34 mm vertikalem Wasserdruck geprüft (= Windstille).

In einer Minute gingen hindurch

bei Baumwolle . . . . . . 0,207 Liter,
» Wolltricot . . . . . . 1,027 »
» Wollflanell . , ... 1,138 »

Die Luftmengen differiren fast um das Sechsfache.

Die Stoffe waren aber doch nicht absolut gleich dick gerathen, denn es betrug die Dicke

bei dem glatt gewebten Stoffe . . 1,55 mm,
» Wolltricot . . . . 2,24 »
» Flanell . . . . 2,25 »

Statt 0,207 wären mit Rücksicht auf die Dicke 2,24 mm bei Baumwolle, für die Durchgängigkeit bei glattem Stoff nur 0,144 Liter zu setzen, dann hat man:

Vol. Feste Substanz	Luft	specifisches Gewicht	Luftdurchgängigkeit
48	52	0,638	0,144 l
14	86	0,179	1,027 »
7	93	0,108	1,138 »

Das sind die Grenzwerthe, welche bei der menschlichen Bekleidung überhaupt in Frage kommen können. Die glattgewebten, dichten Stoffe lassen fast nur 1/8 der Luftmenge von Flanell hindurch.

Da mit zunehmender Dichtigkeit der Gewebe die durchtretende Luftmenge abnimmt, nehmen die Enge der Poren und Reibungswiderstände der Luft zu. Dichtere Kleidung enthält nicht nur weniger Luft, sondern auch eine weit schwere bewegliche Luft.

In einem Flanell ist die Luft 7,9mal so beweglich wie in einem glatten Gewebe. Die gleichen Differenzen der Ursache für die Luftbewegung fördern also 8 mal so viel Luft. Der auf die »Ventilation« treffende Wärmeverlust ist erheblich.

Die bei ungleicher Webweise auftretenden Ungleichheiten des Wärmetransportes durch Luftbewegung in der Kleidung können also immerhin zur Erklärung des eigenthümlichen Verhaltens der Wärmehaltung bei ungleich dichten Stoffen herangezogen werden.

Die lockeren Stoffe wären Material, welches durch die grosse Ventilation mehr Wärme verliert, als man auf Grund ihres Luftgehaltes, insofern als Luft ein schlechterer Wärmeleiter ist, wie die Grundsubstanz der Stoffe, erwarten sollte. Nächst der Dichte kömmt es auf die absoluten Grössen des für die Luftbewegung verfügbaren Druckes an.

b) Variation des Druckes.

Die Messungen wurden so angestellt, dass die auf eine Blechröhre oder Glasröhre aufgezogenem Stoffe, mittelst Wachs luftdicht am Rande abschlossen. Der Druck wurde mittelst Differentialmanometer, die Luftmenge mittelst geaichter Gasuhren geprüft.

Zur Anwendung kam Flanellstoff, Baumwolle gewaschen, und appretirte glatte Baumwolle. Die freie Fläche der Stoffe betrug 136,8 qcm. Experimentirt man mit sehr kleinen Flächen, so sind oft zufällige Ungleichheiten der Stoffe und Fehler der Spannung sehr bemerkenswerth. Die Zahl der Einzelversuche betrug 5—8; diese habe ich zu Mittelwerthen vereinigt.

Tabelle III.

	Flanell		Baumwolle		Baumwolle, appret.	
Druck in mm Wasser	Liter pro 100 qcm in der Minute	pr. 0,01 mm Wasser-druck geht hindurch	Liter pro 100 qcm in der Minute	pr. 0,01 mm Wasser-druck geht hindurch	Liter pro 100 qcm in der Minute	pr. 0,01 mm Wasser-druck geht hindurch
0,022	0,105	0,043	0,046	0,02	0,035	0,016
0,042	0,136	0,032	0,122	0,03	0,092	0,022
0,21	0,505	0,024	0,351	0,026	0,267	0,012
0,42	0,865[1])	0,025	0,691	0,016	0,525	0,012
			1,235	0,015	0,939	0,011

Daraus folgt: auch bei den kleinsten angewendeten Druckwerthen, welche den thermischen Druckwerthen nahe kommen, überwindet die Luft den Widerstand der Enge der Poren in der Kleidung und bleibt beweglich, sowohl in Flanell als auch bei der dichten Leinwand. Mit zunehmendem Druck nehmen die Widerstände in allen Fällen deutlichst zu; geringer Druck hat aber insoferne Vortheile, als er verhältnismässig am meisten leistet.

Den Stössen einer mässig bewegten Luft, eines Windes und Sturmes werden erhebliche Widerstände entgegentreten.

Am Uebersichtlichsten gestaltet sich das Ergebnis, wenn ich in folgendem die Abhängigkeit der Permeabilität vom Drucke graphisch darstelle (siehe Fig. 1 S. 24). Die Curven steigen anfänglich rasch mit wachsendem Druck, später nur langsam.

Die schwachen Luftströmungen begegnen in dem porösen Wollflanell fast gar keinen Widerständen, gerade bei ersteren ist die Luftströmung bei gleichem Druck viel erfolgreicher als die Ventilation bei stärkerem Druck.

1) 0,34 mm Druck.

Der dichte Stoff leistet bei wachsendem Druck der Luft besser Widerstand als das lockere Gewebe.

c) Variation der Dicke.

In allen bisher veröffentlichten Untersuchungen über die Luftbewegung in der Kleidung hat man auf die ungleiche Dicke der Stoffe gar keine Rücksicht genommen. Es ist auch nachträglich ein Vergleich der Ergebnisse einzelner Beobachtungen

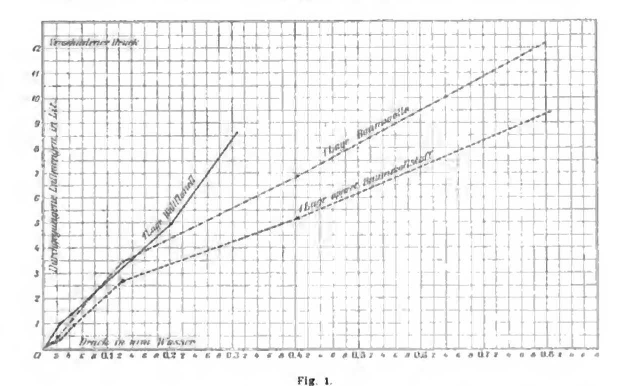


Fig. 1.

miteinander nicht möglich, weil man früherer Zeit keine Angaben über die Stoffdicken u. s. w. gemacht hat. Schon die vorher mitgetheilten Beobachtungen über das Wachsthum des Druckes mit zunehmender Pressung der Luft zeigt, dass dieser Einfluss verschiedener Dicke ungleich auf verschiedene Materialien wirken wird.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, für die zwei wesentlichen als Grenzwerthe der Dichte fungirenden Stoffe, Flanell und appretirte Baumwolle, einige Experimente anzustellen.

Die Dicke der Stoffe wurde in der von mir angegebenen Weise gemessen.

Flanell ergab:

	Druck 0,25 mm Wasser Liter Luft in 5'	Druck 0,34 mm Wasser
1. Lage	0,665	1,138
2. »	0,658	0,955
3. »	0,629	0,887

Appretirte Baumwolle:

	Druck 0,34 mm Wasser Liter Luft in 5'
1. Lage	0,722
2. »	0,466
3. »	0,336
4. »	0,260
5. »	0,207

Vorstehende Zahlen findet man in Fig. II graphisch wiedergegeben. Sie lehrt:

In dichten Geweben nimmt der Widerstand mit der Dicke sehr rasch zu und die durchtretenden Luftmengen sinken rasch, in lockeren wie Flanell dagegen verschwindend langsam, besonders bei niedrigem Druck.

Lockerer Stoff wie Flanell bietet bei schwachen Luftströmen in dickeren Lagen kein Hindernis für die Luftbewegung, ein solcher macht sich aber bei stärkerem Winddrucke geltend.

Dichte Stoffe halten in mehreren Lagen zwar wärmer, ebenso wie die lockeren bei wachsender Dicke, sie erschweren aber sehr bald die Luftcirculation erheblich.

Aller Erfahrung nach ist diese Hemmung durch die glattgewebten Stoffe so bedeutend, dass man sie nur in den allerseltensten Fällen in mehrfacher Lage verwendet.

Ich will mich auf diese allgemeinen Gesichtspuncte der Permeabilität der Kleidung beschränken, da sie uns das Verständnis der Wärmehaltung der Kleidung erläutern hilft; dagegen hätte es wenig Werth, weitere Fragen der Kleiderventilation hier anzuknüpfen, nachdem es mir in praktisch verwerthbarer Weise gelungen ist, andere Wege zu betreten.

Je geringer die Druckdifferenzen werden, desto mehr befördern sie verhältnismässig Luft innerhalb gewisser Grenzen.

Bei Druckgrössen, welche dem thermischen Druck in der Kleidung nahe kommen, wird die Bewegung leicht gehemmt durch die zunehmende Stoffdichte, sie bleibt aber mit zunehmender Dicke der Stoffe bei lockeren Geweben fast ungehindert.

Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen die glatten Gewebe einen äusserst beschränkten inneren Luftstrom besitzen, während derselbe aus dem genannten Grunde in lockerer Kleidung erheblich ist.

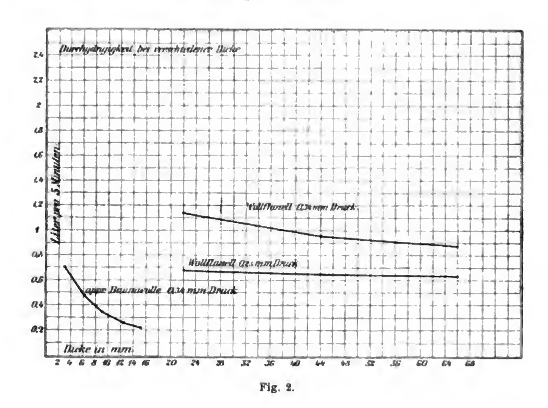


Fig. 2.

Eine nicht unwichtige Beziehung zwischen Wärmeleitungsvermögen und Luftdurchgängigkeit ergibt sich, wenn man diese Grössen für Wollflanell und appretirte Baumwolle mit einander vergleicht. Es zeigt sich, dass mit zunehmender Dicke der Wärmeverlust bei Bekleidung mit Flanell ganz erheblich herabgeht, indess für kleine Luftdruckunterschiede kaum irgend ein Hindernis der Luftbewegung besteht. Bei Geschwindigkeiten, welche unter der Gefühlsgrenze liegen, tritt die Luft leicht in die Schichten eines solchen Gewandes ein.

Ein dicht gewebter glatter Stoff nimmt mit der Dicke zwar auch an Wärmehaltungsvermögen zu, aber sofort sinkt auch die

Lüftung eines solchen Stoffes auf das Unangenehmste bis zu vollständiger Stagnation der Luft herab. In dieser unter allen Umständen grossen und mächtigen Lüftung besteht der Hauptvortheil der porösen Stoffe.

Nach den vorliegenden Studien der Luftbewegung scheint uns sicher zu stehen, dass die Ergebnisse der drei Methoden über den Wärmedurchgang wesentlich durch ungleiche Luftcirculation zu erklären sind.

Bei den Messungen über das Leitungsvermögen der Stoffe war die Luft in den Hohlraum des Gewebes in Circulation; sie nahm vom inneren Cylinder Wärme auf und übertrug dieselbe auf die Aussenwand.

Bei der Methode mittelst des auf 99,5° geheizten Leslie'schen Würfels war dieser Luftstrom lebhaft. Die warme Luft konnte leicht entweichen und wurde durch frische Luft aus dem Zimmer ersetzt. Der Luftstrom musste sehr energisch sein, weil der Würfel auf 100° geheizt war und die äussere Fläche zwischen 60 bis 70° C. und die Zimmerluft 15 bis 20° aufwies.

Gerade an dem lockeren Gewebe, dem Tricot, Flanell, musste der lebhafte Luft- und Wärmestrom die äusseren Schichten stärker erwärmen, als bei geringer Triebkraft der Luft.

Wir sehen also, wie wichtig dieser Moment der Wärmecirculation unter Umständen wird. Da wir aber doch fast exceptionelle Verhältnisse der Temperaturdifferenzen gewählt haben, so lässt sich wohl allgemein gültig behaupten, dass die porösen Stoffe — von starken Windströmungen abgesehen — bei lebhafter Ventilation auch ebenso gut warmhalten wie die dichteren Stoffe.[1])

Die Kleidungsstoffe haben also kein ganz constantes Verhältnis der Wärmeleitung zu einander, dieses hängt vielmehr von den Zuständen der Luftcirculation mit ab. Unter Luftcirculation darf man aber nicht allein die mechanisch von Aussen übertragene Bewegung verstehen, sondern die durch Temperaturdifferenzen erregte, ist für sich betrachtet ein wesentliches Moment.

1) Ueber die Gewichtsverhältnisse siehe Vierteljahresschrift f. öffentl. Gesundheitspflege, Jubelband, S. 487.

Auch in bewegter Luft, wenn mit Rücksicht hierauf die Kleidung zu wählen ist, gewähren die lockeren Stoffe immer noch gewisse Vortheile über die dichteren, weniger luftdurchgängigen.

Das ungemein geringe Leitungsvermögen der Luft musste zur Wahl sehr poröser Stoffe Veranlassung geben. Eine Grenze wird aber diesen Bestrebungen durch die lebhafte Ventilation, die in solchen Kleidern eintritt, gesetzt, und welche unter geeigneten Verhältnissen zu starker Abkühlung unserer Haut führen kann.

Dem Wärmeverlust durch sehr dicke poröse Stoffe vorzubeugen, hat keinen erheblichen Werth, weil mit fallender Ventilation, also in ruhenden Luftschichten, solche Kleider zu warm werden müssten. Sonach bleibt zur Beseitigung des Missstands wie die Empirie herausgefunden hat, die Aenderung der Dichtigkeit des Gewebes.

Ob man aber bei letzterer nicht vielfach zu weit gegangen ist, und ob man nicht viel zu dichte Stoffe trägt, kann zum Mindesten fraglich erscheinen. Verschiedene Beobachtungen, welche ich selbst in rauhem Wetter bei Gebirgswanderungen gemacht habe, überzeugten mich, dass man auch mit lockereren Geweben, als man gewöhnlich trägt, zureichenden Windschutz gewinnt.

Die Dichte des Gewebes wird häufig nicht allein zum Zwecke des Windschutzes hergestellt, sondern sie wird vermehrt, um bei dünnen Geweben die Zugfestigkeit zu steigern. Dicht werden Gewebe auch durch das Scheeren, z. B. bei Wollstoffen an der Aussenseite, was hauptsächlich aus dem Wunsche Muster zu weben, hervorgegangen ist. Erhebliche Nachtheile bringt das Scheeren an der Aussenseite nicht hervor, weil nur die frei in die Luft ragenden, die Strahlung vermehrenden Härchen weggenommen werden, deren Funktion für Behinderung des Wärmeverlustes durch Leitung fast Null ist.

Einfluss der Feuchtigkeit auf das Wärmeleitungsvermögen der Kleidungsstoffe.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Allgemeines.

Durch die Feuchtigkeit werden den Menschen viele Nachtheile zugefügt. Gefahren bringt uns die Feuchtigkeit im Hause. Will das Wohnhaus als gesund gelten, so muss es frei von Wasser in den Mauern sein. Auch in unmittelbarem Contact mit unserm Körper wird Feuchtigkeit in der Kleidung zu etwas Schädlichem, wie die Erfahrung lehrt. Die Menschen suchen, wie alle andern Warmblüter, sich vor Durchnässung ihrer äusseren Bedeckung zu schützen. Aus freien Stücken hält sich kein Mensch in hochgradig feuchten Kleidungsstücken auf; nur im Experiment und bei einer Zwangslage wird man die Folgen einer totalen Durchnässung ertragen. Die Wärmeverluste in nasser Kleidung sind bei mittleren und niedrigen Lufttemperaturen so stark, dass die meisten Menschen als Folge der Abkühlung mit Bestimmtheit sich eine Erkältung zuziehen werden.

Sieht man aber auch von den höchsten Graden der totalen Durchnässung, wie sie beim Aufenthalt im Wasser oder bei strömendem Regen zu Stande kommt, ganz ab, so wird die Kleidung häufig durch den Schweiss in einer Intensität durchnetzt, die der Regendurchnässung nicht mehr weit nachsteht.

Auch solche Durchtränkungen mit Feuchtigkeit gehören zu den unangenehmen Beigaben; denn das Kältegefühl in solcher Kleidung kann in hohem Grade belästigend werden; Schädigungen der Gesundheit durch derart nassgewordene Kleidung sind häufig genug zu beobachten.

Geringere Grade der Benetzung leiten von den Zuständen offenkundiger Schädigungen allmählich zu normalen Verhältnissen über; worunter solche zu verstehen sind, bei welchen die dem Organismus von Natur aus zur Verfügung stehenden Schutzeinrichtungen der Wärmeregulation innerhalb ihrer physiologischen Breite in Anspruch genommen werden, um einer starken Wärmeentziehung das Gleichgewicht zu halten.

Nach dem Geschilderten können die Zustände der Kleidungsfeuchtigkeit in den verschiedensten Graden Gegenstand hygienischen Interesses sein.

Diese Nachtheile der Feuchtigkeit der Kleidung auf den Menschen, wie wir sie eben schilderten, beurtheilt man einzig und allein nach den grobsinnlichen Erfahrungen, die jeder Mensch im täglichen Leben zu machen Gelegenheit hat. Diese letzteren sind auch sozusagen für die Lehre von der Kleidung in hygienischer Hinsicht die ausschliesslichen Anhaltspunkte für den einzigen feststehenden Satz, dass Feuchtigkeit den Wärmeschutz der Kleidung aufhebe, gewesen. In den verschiedensten Varianten tritt die Erweiterung dieses Axioms uns entgegen.

Wenn man das von Seiten der Hygiene gesammelte experimentelle Rüstzeug zur Beurtheilung der Bedeutung der nassen Kleidung mustert, so ist es recht dürftig damit bestellt. Die Wirkung der Feuchtigkeit einer Kleidung ist in wissenschaftlicher Hinsicht ganz unvollkommen bekannt. Einige Beobachtungen betreffen die Menge des von Kleidungsstoffen im benetzten Zustand aufgenommenen Wassers; sowohl für häufig vorkommende Unterkleidungsstoffe, wie auch für andere Gewebe ist dieses Gewichtsverhältnis festgestellt worden.

Man befeuchtete trocken gewogene Stoffe mit Wasser, liess das überschüssige Wasser abtropfen oder presste mit der Hand das weniger stark zurückgehaltene Wasser aus und berechnete,

wie viel auf 1000 Theile Stoff Gewichtstheile Wasser kommen. In dieser Hinsicht stellte sich Flanell aus Wolle u. dgl. sehr ungünstig, glattgewebte Leinen- und Baumwollengewebe weit besser.

Man ist durch diese Betrachtungsweise, wie ich zuerst dargethan habe, auf Irrwege in der Bemessung des Werthes der Kleidungsstoffe geführt worden. Nicht das Gewichtsverhältnis von fest zu feucht, sondern das Volumenverhältnis von Luft, Stoff, Wasser muss aufgesucht werden; sodann erscheinen die Kleidungsstoffe in wesentlich anderem Lichte wie früher, die Vortheile poröser und Wollgewebe, die Nachtheile glatter Webweise werden verständlich. Ein Stoff mit vielen Hohlräumen kann viel Wasser aufnehmen, ohne sich ungünstiger zu stellen, wie ein Stoff mit geringer Luftfüllung. Ich habe für die verschiedenen Gewebe den Aufbau im trockenen Zustande gemessen und gezeigt, innerhalb welcher Grenzen die Wasseraufnahme schwanken kann.[1])

In thermischer Hinsicht sind die älteren Experimente über das Axiom, dass Durchfeuchtung eines Stoffes erhöhten Wärmedurchgang bedeute, nicht hinausgekommen. Streng genommen, liegt kein einziger Versuch vor, aus welchem man ersehen könnte, in wie weit die Durchfeuchtung einen Einfluss auf das Leitungsvermögen hat. Ein Paar Experimente, die man mit benetzten Stoffen an dem Krieger'schen Cylinder angestellt hat, lehren, abgesehen von den Fehlern der Methodik, für diesen Zweck nichts anderes, als wie eben jede andere Erfahrung, das Kältegefühl, Schüttelfrost, Sinken der Körpertemperatur auch schon gelehrt haben, dass Nässe in Verbindung mit Wasserverdunstung stark abkühlend wirkt. Es bleibt völlig unbestimmt, ob die Erhöhung des Leitungsvermögens oder die Verdunstung das Wesentliche bei solchen Experimenten gewesen sei.

Dieses Moment der Wasserverdunstung hat man auch für sich betrachtet; man hat, freilich unter viel zu wenig genau bekannten Bedingungen Verdunstungsversuche mit Stoffen und Kleidern angestellt.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVII.

Man weiss für einige zur Kleidung verwendete Gewebe und für ganze Kleidungsstücke, dass die Gewichtsabnahme durch Verdunstung gross sein kann, und wenn es erlaubt sein sollte, anzunehmen, alle bei der Verdunstung gebundene Wärme werde dem Körper entzogen, so würde der Wärmeverlust durch Abgabe von Wasserdampf dann ungemein reichlich sein können. Nur in einer einzigen Versuchsreihe, die Rumpel[1]) in meinem Laboratorium ausgeführt hat, lässt sich für den mit einer feuchten Binde umwickelten Arm des Menschen angeben, wie sich die Feuchtigkeitsabgabe und Leitung und Strahlung am Wärmeverlust betheiligen.

Wir sind also in dieser hochwichtigen Frage noch ganz ohne sichere Basis. Auch hier dürfen wir nicht geradewegs, wie man schon angefangen hat, einen beliebigen Stoff mit Wasser benetzen und, unbekannt mit seiner inneren Beschaffenheit, die Messung versuchen und den Wärmedurchgang prüfen wollen. Das, was wir der physikalischen Analyse unterbreiten sollen, darf nicht ein unbekanntes Gemische sein, sondern wir haben festzustellen, aus wie viel Grundstoff, wie viel Luft, wie viel Wasser besteht das Gemenge.

Des Weiteren hat man sich klar zu machen, dass das Experiment nur über eine Art des Wärmedurchganges vorerst entscheiden kann.

Will man einen Einblick in diese Verhältnisse erlangen, so muss man die Veränderung der Leitung der Wärme durch Befeuchtung von den Wirkungen der Verdunstung getrennt betrachten. Da durch meine Messungen die Leitungswerthe der die Kleidung zusammensetzenden Bestandtheile bekannt und die Mengenverhältnisse, in denen Wasser, Stoff, Luft in den Kleidern vorkommen, durch mich gemessen sind, liegen die Verhältnisse wesentlich günstiger wie früher.

Ebensowenig wie für die Wassereinlagerung ist für das hygroskopische Wasser die Wirkung in thermischer Hinsicht bekannt. Man schliesst nur, dass hygroskopisches Wasser

1) Archiv f. Hygiene, Bd. IX, S. 51.

eben auch die übrigen Eigenthümlichkeiten dieser Körper haben werde und die Leitung vermehre. Messungen liegen aber bis jetzt nicht vor.

Die verschiedenartigen Formen, in denen Wasser in den Kleidern vorkommt, sind durchaus nicht alle gleich wichtig für die Untersuchung. Immer trifft man hygroskopisches Wasser in der Kleidung und fast ebenso häufig sind in den Sommermonaten Durchfeuchtungen geringen Grades[1]). Starke Durchnetzungen gehören zu den Seltenheiten.

Cramer hat dargethan, dass geringe Ablagerungen von Kochsalz, aus dem Schweisse herrührend, in jeder Kleidung sich finden. Die Wanderung kleiner Wassermengen in der Kleidung ist von Clas Linroth[2]) und O. Reichenbach[3]) näher verfolgt worden, ebenso die Veränderungen, welche durch Aufnahme von Wasser in Dampfform eintreten können.

Die Beziehungen der Kleidung zur Feuchtigkeit sind offenbar sehr bedeutungsvoll; ich habe schon zu wiederholten Malen darauf hingewiesen, dass bei der praktischen Beurtheilung eines Kleidungsstoffes dessen Verhalten zur Feuchtigkeit von ganz besonderer Wichtigkeit sei.

Die Rolle, welche das Wasser in der Kleidung in allgemeinen Umrissen spielen wird, lässt sich annähernd aus einigen physikalischen Angaben ersehen. Luft und Wasser sind ausserordentlich verschiedene Wärmeleiter. Wenn man auf Grund meiner Angaben über das Porenvolum in trockenen und feuchten Kleidungsstoffen das allmähliche Verdrängen von Luft und Wasser sich vor Augen führt, so bedarf es keiner schwierigen Ueberlegung, um im Allgemeinen den Einfluss des Wassers in thermischer Hinsicht zu erklären.

Meine Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen der Grundstoffe der Kleidung erweitern aber unsere Kenntnisse noch in anderer Richtung; wir sind in der Lage, uns eine Orientirung zu verschaffen, in wie weit denn die Grundstoffe

1) Reichenbach, Archiv f. Hygiene, Bd. XIII, S. 113.
2) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XVII, S. 184.
3) Archiv f. Hygiene, a. a. O.

der Kleidung der Luft und dem Wasser gegenüber modificirend auf die thermischen Verhältnisse einwirken können.

Das Leitungsvermögen des Wassers ist von verschiedenen Physikern zum Theil sogar mittelst der auch von mir angewandten Methode untersucht worden. Es erscheint von Interesse, zuerst den Mittelwerth für diese Grösse festzustellen.

Für die üblichen Einheiten 1 qcm, 1 cm Dicke, 1° Temperaturdifferenz und die Sekunde fand

Angström	0,00156
Winkelmann	0,00152
Grätz	0,00158
demnach Mittel	0,001475 cal.

als Constante, eine Zahl, die wir im Folgenden zu Grunde legen wollen. Stärker abweichend ist nur ein von Weber gegebener Werth mit 0,00124 als Leitungsvermögen.

Vergleicht man das mittlere Leitungsvermögen des Wassers mit dem Leitungsvermögen der festen Kleidungsgrundstoffe, so sieht man Folgendes:

Tabelle I.

Absolutes Leitungsvermögen.

Substanz	k
Luft	0,0000532
Säugethierhaar	0,0004791
Seide	0,0008870
Pflanzenfaser	0,0014199
Wasser	0,0014750

Das Wasser leitet die Wärme ebenso gut wie die Pflanzenfaser, d. h. wie die kohlehydratartigen Substanzen; aber besser als die Seide und besser als die Wolle.

Das Wasser ist also an sich kein so guter Wärmeleiter als man in der Regel denkt. Gemenge von Luft und

Wasser könnten ebenso gut warm halten, wie unsere Kleidungsstoffe. In der That ist also eine Schneedecke ein wärmendes Kleid für die Erde, und die alte Erfahrung des Wärmeschutzes von Schneehöhlen und die Ueberlagerungen der Häuser durch Schnee in rauhen Gegenden findet in den gegebenen Zahlen einen klaren Ausdruck.

Starke Wärmeentziehung bereitet das Wasser durch seine Beweglichkeit, indem die Theilchen fortwährend ihre Lage ändern. Amüsant zu lesen ist eine Abhandlung von Rumford, in welcher er den Einfluss freier Bewegung und Bewegungshemmung auf das Wärmeleitungsvermögen des Wassers bespricht. Die zufällige Beobachtung, dass er sich durch einen Aepfelbrei, den er längst erkaltet glaubte, den Mund verbrannte, gab ihm den Anstoss das Leitungsvermögens breiiger Substanzen mit freiem Wasser zu vergleichen. Auch durch Eiderdaunen versuchte er die Bewegung zu hemmen.

Als hieher gehörig mag noch eine Beobachtung, die ich zufällig bei Prüfung eines Desinfektionsapparates machte, erwähnt sein. Steckt man ein Contactthermometer in ein Stück Speck, ein anderes in eine ebenso grosse Menge flüssigen, ausgeschmolzenen Fettes, so ist die Durchwärmung des letzteren ungemein rasch eingetreten, während die Wärme im Speck, wo das Fett in Hüllen eingeschlossen ist, nur langsam weiter vordringt. Im Grunde genommen zeigt uns jeder Kochversuch mit Fleisch genau dasselbe, schnelle Erhitzung des Wassers im Kochgefäss und langsame Erhitzung des in den Zellen des Fleisches eingeschlossenen Saftes.

Wenn man auf Grund der in Tabelle 1 gegebenen Zahlen mit dem allgemeinen Urtheil, dass die Einlagerung von Feuchtigkeit jeder Art mit einer Aenderung des Leitungsvermögens für Wärme verbunden sei und dass diese Aenderung dem quantitativen Verhältnis der Wassereinlagerung entspräche, sich genügen lassen wollte, würde ein sehr vorzeitiges und quantitativ ganz schiefes Urtheil gefällt. Wie ich zeigen werde, bedarf das Studium des Einflusses der Feuchtigkeit recht eingehender Experimente und liefert alsdann ausserordentlich bemerkenswerthe Ergebnisse.

Ich will meine Betrachtungen in zwei Gruppen theilen, in die Besprechung des Einflusses der hygroskopischen Feuchtigkeit und in die Erörterung der Wirkungen des zwischengelagerten Wassers.

Hygroskopische Feuchtigkeit.

Durch die Untersuchungen von Coulier, v. Pettenkofer[1]), Linroth[2]) u. A. sind die Beziehungen der Feuchtigkeit der Luft zu den Kleidungsstoffen, und die Beziehungen der letzteren zu der von der Haut abgegebenen Feuchtigkeit näher bekannt geworden. Die einzelnen Grundstoffe ziehen verschieden das Wasser an, am meisten die Wolle, weniger die Seide, am wenigsten Baumwolle und Leinen. Sie verhalten sich, am Körper getragen, in ihren Grundeigenschaften wie sonst auch, nur pflegt bei fehlender Schweisssecretion durch Erneuerung der Luft in den Kleidern trotz Wasserdampfabgabe von der Haut die Luft trockner zu sein, als ausserhalb der Kleidung. Dies sind die wesentlichsten Sätze, welche für die folgenden Untersuchungen von Interesse sind.

Die Mengen von Wasser, um welche es sich bei den hygroskopischen Verhältnissen handelt, kann man aus folgender Tabelle nach Linroth ersehen. Die Gewebe nehmen auf:

	Bei 30%	54%	98% relat. Feuchtigkeit
Leinen und Baumwolle	2,6%	4,8%	13,0% Wasser
Seide	4,0%	6,3%	16,3% »
Wolle	4,8%	9,3%	23,5% »

Angaben über verschiedenes Verhalten zur Luftfeuchtigkeit liegen auch von Coulier[3]) vor, sowohl für verschiedene Gewebe für den Sättigungszustand für Feuchtigkeit, wie auch für den Gang der Aufnahme und Abgabe des hygroskopischen Wassers. Er hat hauptsächlich Stoffe für Militärbekleidung untersucht.

Einige Grundstoffe, welche ich selbst prüfte, verhielten sich etwas anders als die fertigen Gewebe. Deutsche Wolle nahm

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. I.
2) Dieselbe, Bd. 17. p. 180.
3) Arnould, III ed., p. 670.

von 0% relativer Feuchtigkeit bis 100% um + 28% zu [1]), chinesische Seide um 11,56% und reine Baumwollwatte um + 16,5%. Hiernach könnte sich also das Verhältnis der Seide und Baumwolle anders gestalten, als die Versuche an Stoffen hätten erwarten lassen.

An Aetherextract gab die Wolle	für 100 Theile	1.57	g	ab,
» » » Seide	» »	0,545	»	»
» » » Baumwolle	» »	0,696	»	»

Die hygroskopische Feuchtigkeit steht, wie meine Zahlen in Tabelle 1 zeigen, in einiger Beziehung zum Leitungsvermögen; wenigstens zeigt die am stärksten hygroskopische Substanz das geringste und die weniger hygroskopische Baumwolle das grösste Leitungsvermögen.

Das hygroskopische Wasser wird von der betreffenden Substanz, die es aufnimmt, offenbar festgebunden.

Wie diese Bindung erfolgt, ist nicht genauer bekannt. Offenbar wird dabei Wärme frei, die zum Mindesten der Menge des »condensirten« Wasserdampfs entsprechen muss. Es wäre aber denkbar, dass die Bindung eine energischere ist und dass das Wasser gewissermaassen in den starren Zustand übergeführt wird. Dabei würde noch für die Aenderung dieses Aggregatzustandes ein Freiwerden von Wärme zu erwarten sein. Ich möchte damit nur auf die Unsicherheit hindeuten, die bezüglich der Veränderung des Leitungsvermögens durch das hygroskopische Wasser besteht.

Vorläufig will ich die Frage so behandeln, als wenn das aufgenommene hygroskopische Wasser eine einfache Benetzung der früher trockenen Substanz bedeute, und verweise auf die spätere Untersuchung über das zwischengelagerte Wasser.

Zu einem orientirenden Ueberblick über den Einfluss, den die Aufnahme von hygroskopischem Wasser auf das Leitungsvermögen der Kleidungsgrundstoffe ausüben kann, lässt sich folgender Weg einschlagen.

Da bekannt, wie viel Wasser ein Stoff bei Sättigung mit hygroskopischen Wasser aufnimmt, so kann man berechnen,

1) Mittel aus je 3 Versuchen.

um wie viel das Leitungsvermögen dieses Gemisches Grundstoff + Feuchtigkeit zunimmt.

Es empfiehlt sich zunächst, die Aenderung im Ganzen zu betrachten, d. h. ausgehend von dem Grundstoff und dessen Leitungsconstante. Diese letztere betrifft den Wärmedurchgang durch 1 qcm Fläche und 1 cm Dicke; ihr Inhalt entspricht sonach dem specifischen Gewichte der trockenen Substanzen. Ich nehme hier für die Cellulose 1,70, für Wolle 1,92, für Seide 1,50 als specifisches Gewicht an.

Tabelle II.

Veränderung des absoluten Leitungsvermögens fester Substanzen durch hygroskopisches Wasser.

Bezeichnung	Wolle	Seide	Baumwolle
Leitungsvermögen *k*	0,0004791	0,0008870	0,0014200
Correction für die Aufnahme von hygroskop. Wasser pr. 1 g Substanz	0,0003466	0,0002404	0,0000192
Dieselbe Correction pro 1 Volum Substanz	0,0005278[1]	0,0003606[2]	0,0002264[3]
Leitung von 1 Volum nach Aufnahme von hygroskop. Wasser	0,0010069	0,0012476	0,0016464
Leitung auf 1 g berechnet	0,000815	0,001073	0,001456

Die hygroskopisch feuchten Stoffe zeigen demnach einen wesentlichen Unterschied im Leitungsvermögen; und es ist gewiss nicht gleichgültig, ob wir uns in Wolle-, Seide- oder Baumwollenkleidung in feuchter Luft, die das hygroskopische Wasser vermehrt, befinden. Die Wärmeleitungsfähigkeit nimmt aber nach unserer Berechnung durch die Sättigung mit Wasserdampf nicht überall in gleichem Verhältnis zu. Die Wolle mit dem kleinsten Wärmeleitungsvermögen nimmt das Meiste, und Baumwolle mit dem grössten Wärmeleitungsvermögen die grösste Menge an

1) 1 Volum = 1,52 g.
2) 1 Volum = 1,50 g.
3) 1 Volum = 1,70 g.

Wasserdampf auf. Der Zuwachs der einzelnen Stoffe bei dem Feuchtwerden beträgt:

Bei Wolle . . + 109,8%,
» Seide . . + 40,6%,
» Baumwolle + 15,9%.

Die Feuchtigkeit wird sich bei den Geweben in sehr verschiedener Weise geltend machen. — Setzen wir dieselben specifischen Gewichte voraus, so wird der Zuwachs in Procenten des Leitungsvermögens einmal von der Grundsubstanz selbst abhängen, dann aber von der Dichte der Gewebe. Besteht ein Gewebe aus 10 Raumtheilen fester Substanz und 90 Theilen Luft, so wird sich bei Feuchtwerden kein Zuwachs von 109,8% zeigen, sondern ein weit geringerer.

Ich möchte fast vermuthen, dass die Eigenthümlichkeit der Wolle, bei zunehmendem hygroskopischen Wasser wärmedurchgängiger zu werden, nicht ohne praktische Bedeutung sei. Das hygroskopische Wasser nimmt zu mit wachsender Luftfeuchtigkeit; von noch wesentlicherem Einfluss aber ist unter allen Umständen die Zunahme der Feuchtigkeit bei der vermehrten Transpiration der Haut, das heisst, bei übermässiger Wärmeproduction. Die Feuchtigkeit unterstützt in diesem Fall durch physikalische Veränderungen der Kleidung den Abfluss der Wärme bei Ueberproduction, während die anderen Stoffe in weit unvollkommenerem Grade hier ihre Unterstützung leihen.

Nachdem die orientirende Rechnung mir dargethan hatte, dass es sich bei diesen Aenderungen durch das hygroskopische Wasser um eine wohl bemerkbare Veränderung des Leitungsvermögens handeln kann, versuchte ich den Nachweis der Veränderungen durch das Experiment. Da das Stefan'sche Calorimeter ganz zufriedenstellende Resultate nach so vielen Richtungen hin gegeben, benützte ich dieses Instrument auch für die Prüfung des Einflusses hygroskopischer Feuchtigkeit. Die nachfolgenden Untersuchungen sollen einen allgemeinen Ueberblick geben. Ich behalte mir vor, diese Experimente von anderer Seite erweitern und ergänzen zu lassen.

Da die Wolle so reichlich Wasserdampf aufnimmt, habe ich diesen Rohstoff in allererster Linie geprüft. Getrocknet wurde 2 bis 3 Stunden bei 100°, befeuchtet unter einer mit feuchter Luft gefüllten Glasglocke während der Nacht.

Vor und nach dem Versuch wurde die Substanz gewogen. Die Versuche befriedigten nicht völlig, insoferne sich Schwankungen in dem Werthe β. log e ergaben, die freilich das Endresultat nicht nennenswerth beeinflussen, auf die ich aber doch aufmerksam machen muss, um darzuthun, dass dieser Umstand mir nicht entgangen ist.

Die Resultate gibt in Kürze folgende Tabelle.

Tabelle III.

Veränderungen des Leitungsvermögens der Wolle mit Aenderung des hygroskopischen Wassers.

Wolle	Zunahme im Gewicht	Verwendete Menge, trocken	Wasserdampf aufg.	Gewicht im Ganzen	β log e	k	Relation zu Luft = 100	Relation zu Luft = 100 für 6 g berechnet	Absolut. Werth für 6 g Füllung Luft = 0,0000532
Bei 100° trocken . .	0	5,6	—	—	0,000439	0,0000759	129,7	131,5	0,0000676
Feucht[1]) bei 100% . .	+21,0%	5,37	1,20	6,5	0,000499	0,0000860	146,1	152,4	0,0000811
Dasselbe[2]) .	+21,0%	5,37	1,20	6,5	0,000499	0,0000878	149,2	144,9	0,0000771

Der Nachweis der Erhöhung des Wärmeleitungsvermögens unter dem Einflusse des hygroskopischen Wassers ist durch meine Experimente also erbracht worden. Obschon die Wolle sich nicht bis zur vollsten Sättigung mit Wasserdampf beladen hatte, zeigt sich trotzdem ein sehr erheblicher Zuwachs im Leitungsvermögen[3]).

Im Anschluss an diese Experimente mit Wolle bestimmte ich dann noch bei Seide und Baumwolle das Leitungsvermögen in absolut trockenem Zustande.

1) Auf 1 g Trockensubstanz der angewandten Wolle gerechnet; es fällt dabei 1,2 g Wasserwerth weg.

2) 1 g Substanz (Wolle + Feuchtigkeit) gerechnet.

3) Die Versuche sind das Mittel aus 4 Experimenten.

Die Ergebnisse für beide Stoffe lassen sich dann mit den früheren Messungen, im lufttrockenen Zustande ausgeführt, vergleichen.

Tabelle IV.

Leitungsvermögen von Grundstoffen bei 0,117 spec. Gew. bei verschiedener Feuchtigkeit, Luft = 0,0000532.

Art der Substanz	Bei 100° trocken	Mittlere Feuchtigkeit 45—50%	Bei 100% Feuchtigkeit
Wolle	0,0000676	0,0000726	0,0000771
Seide	0,0000709	0,0000726	
Baumwolle	0,0000896	0,0000892	

Da hier jedes Mal von 1 g Substanz — das eine Mal Trockensubstanz — das andere Mal lufttrockener Substanz — ausgegangen wurde, so sind natürlich die Differenzen nicht so gross, als sie hätten sein müssen, wenn man auf absolute Trockensubstanz die Rechnung ausführt.

Bei Seide lässt sich recht gut die Differenz zwischen trocken und lufttrocken nachweisen, bei Baumwolle verschwindet die Differenz, weil ja Baumwolle (fast) dasselbe Leitungsvermögen wie Wasser besitzt.

Nach dem vorliegenden Experimente ist die Wirkung des hygroskopischen Wassers auf das Leitungsvermögen der Stoffe quantitativ bestimmt.

Die aufgenommene Feuchtigkeit kann sich bei Stoffen manchmal in nachtheiliger Weise dadurch bemerkbar machen, dass sie das Volumen einer als Bekleidung dienenden Substanz ändert. Manche Stoffe, wie z. B. die Bettfedern, Eiderdaunen, sind weniger elastisch bei feuchter Luft, sie legen sich besser an einander; die Dicke eines Deckbettes kann bei trockener und feuchter Witterung erfahrungsgemäss wesentlich verschieden sein. Diese Dickenänderung entspricht einer Dichtigkeitsänderung, einer Zunahme des specifischen Gewichts und deshalb einer

Zunahme des Leitungsvermögens; die Dickenabnahme der Schicht ist der zweite Factor, der in gleichem Sinne den Wärmeverlust vermehrt. Das dritte Moment stellt die Erhöhung des Leitungsvermögens durch die Feuchtigkeit selbst dar.

Eine und dieselbe Grundursache äussert also in dreifacher Weise ihren verderblichen Einfluss auf das Material, aus welchem unser Bettzeug vielfach noch hergestellt zu werden pflegt.

Einfluss der Luftfeuchtigkeit.

Die nothwendigen Voraussetzungen für die Schwankungen hygroskopischen Wassers in den organischen Stoffen, bilden die Schwankungen der relativen Feuchtigkeit der uns umgebenden Atmosphäre. Die Wirkungen trockener und feuchter Luft sind weniger in den Mischungsverhältnissen der Feuchtigkeit und ihrem ganz unmittelbaren Einfluss zu suchen, sie äussern sich in weit hervortretenderem Maasse durch ein Mittelglied, durch die Veränderungen des Wassergehaltes unserer Aussenbedeckungen und der Haut, des Felles und Federkleides der Thiere. Dass man an Thieren selbst die schwankende Aufnahme von Wasserdampf durch das Fell zeigen könne, habe ich früher schon durch das Experiment bewiesen[1]).

Durch meine Untersuchungen über die Veränderungen des Wärmeleitungsvermögens der Stoffe mit wechselnder hygroskopischer Feuchtigkeit finden auch die Versuche nunmehr eine Stütze, die ich vor längerer Zeit an Thieren betreffs des Einflusses der Schwankungen der Luftfeuchtigkeit auf die Wärmeabgabe angestellt habe[2]).

Ich kam zu dem Schlusse, dass die Zunahme der Luftfeuchtigkeit bei mittlerer Temperatur zwar keine Veränderung der Gesammtwärmeproduction eines Thieres herbeiführt, wohl aber eine Verminderung der Wasserdampfabgabe und eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XIV, S. 363.
2) Archiv f. Hygiene, Bd. XI, S. 255 ff.

Dass die Veränderungen der relativen Feuchtigkeit der Luft erhebliche Verschiedenheiten im Wärmeleitungsvermögen der Wolle, d. h. der Säugethierhaare hervorrufen, kann durch die vorliegenden Betrachtungen als erwiesen angesehen werden.

Ich habe mich zuerst über diese Beziehung der Luftfeuchtigkeit zu den hygroskopischen Substanzen unserer Körperbedeckung bestimmt ausgesprochen [1]).

»Die vermehrte relative Feuchtigkeit vermehrt auch die Menge des in den Haaren und in der Epidermis abgelagerten Wassers, und das letztere bedingt sodann eine Aenderung der Wärmeabgabe.«

Ich habe dann auch versucht zu zeigen, ob die damals vorliegenden Erfahrungen ausreichend seien, diesen Einfluss von Feuchtigkeit auf das Wärmeleitungsvermögen zu äussern.

Aus den Versuchen von Clas Linroth berechnete ich die Zunahme der Wolle an Wasser (Flanell) bei zunehmender relativer Feuchtigkeit und fand, dass 100 Thl. trockene Substanz aufnehmen:

bei 0 %	25 %	50 %	75 %	100 % relativer Feuchtigkeit
0	3,0	7,4	14,3	23,0 Theile.

Die Zunahme an Wasser beträgt für je 1 % Aenderung der relativen Feuchtigkeit nach meinen Berechnungen demnach:

0	bis	25 %	 0,12,
25	»	50 %	 0,15,
50	»	75 %	 0,19,
75	»	100 %	 0,23,

wächst also mit steigender Feuchtigkeit rasch.

Durch meine Versuche am Hunde habe ich auch dargethan, dass die Aenderungen der relativen Feuchtigkeit auf den Organismus sich nach derselben Gesetzmässigkeit steigern, d. h. die Zunahme der relativen Feuchtigkeit von 25 bis 50 % wirkt weit weniger als von 75 bis 100 %.

Frost und Feuchtigkeit machen sich fühlbar, weil die Wirkung der Feuchtigkeit in der Kleidung durch das Sinken der

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XI, S. 280.

2) a. a. O., S. 274 und 283.

Kleidertemperatur gesteigert, d. h. die relative Feuchtigkeit vermehrt und somit durch Aenderung des Leitungsvermögens ein wesentlicher Einfluss auf den Wärmedurchgang geschaffen wird.

Je dünner die Kleidung, desto wirksamer werden auch die der Haut benachbarten Theile der Kleidung von diesem Einflusse getroffen.

Für die Pelzbedeckung der Thiere gilt ganz genau das Gleiche, was wir soeben für die menschliche Bekleidung gesagt haben; wir haben früher bewiesen, dass Haare der verschiedensten Herkunft sich im Wärmeleitungsvermögen kaum unterscheiden und identisch sind mit der Schafwolle, mit welcher wir zumeist unsere Untersuchungen ausgeführt haben.

Die Wirkungen feuchter Kälte treffen ausschliesslich unsere äusseren Bedeckungen, während der übrige Vorgang der Wärmebildung im Ganzen keinerlei Veränderung erleidet.

Die Veränderungen, welche sich in der Leitungconstante bei wachsender relativer Feuchtigkeit geltend machen, sind gross genug, um sich auch unserem Wärmegefühl bemerkbar zu machen. Eine orientirende Rechnung kann man leicht auf Grund meiner Zahlen anstellen.

Die Frage, ob etwa mit den Schwankungen des absoluten Gehaltes der Luft an Wasserdampf auch eine Rückwirkung auf das Leitungsvermögen der Luft sich geltend macht und über die quantitativen Verhältnisse dieser Einflüsse, berührt uns hier nicht weiter.

Wir haben die Bedeutung der hygroskopischen Beschaffenheit hiermit für alle jene Fälle, in denen es sich um gleichartig zusammengesetztes Material handelt, geschildert. Ich kann aber dieses Thema nicht verlassen, ohne auf einen in der Praxis ungemein bedeutungsvollen Umstand noch hingewiesen zu haben, nämlich auf die typische Eigenschaft aller verwendeten Wollstoffe lockerer zu sein, als gleichartiges Gewebe aus anderen Grundstoffen, und auf die Beziehung dieses Umstandes zur relativen Feuchtigkeit. Bisher betrachtete man immer den Gehalt an hygroskopischem Wasser auf das Gewicht der Kleidungsstoffe bezogen, insoferne nehmen dann die Wollstoffe eine ungünstigere

Stellung ein als die übrigen. Für die praktische Bekleidungslehre möchte ich aber noch auf folgende Erwägungen hinweisen.

Man wird gut thun, die bisherigen Bezeichnungsweisen zu verlassen; es wird zweckmässig sein, das hygroskopische Wasser nicht auf das Gewicht, sondern auf das Volum der Stoffe zu beziehen. Wir kleiden uns ja nicht nach gleichen Gewichten, sondern je nach der Wirkung des Stoffes; dieser letzteren entspricht weit mehr das Volum der Kleidung.

Durch diese Aenderung der Betrachtungsweise wird das anscheinend ungünstige Verhalten der Wollstoffe, die mehr hygroskopische Feuchtigkeit als die anderen einschliessen, beseitigt. Da Wollstoffe durchweg geradezu die lockersten, d. h. stoffärmsten Gewebe sind, so wird die Wirkung der hygroskopischen Feuchtigkeit wieder aufgehoben.

Nach den Bestimmungen von Clas Linroth enthält Wolle bei 98 % relativer Feuchtigkeit 23,5 % des Gewichts an hygroskopischem Wasser, Shirting nur 12,8 %. Ich will annehmen, dass es sich dabei wirklich um eine hygroskopische Eigenschaft und um nichts anderes gehandelt habe. Wenn man annimmt, dass in dem Flanell nur 10 % fester Substanz, in glatter Leinwand aber schon 50 % solcher vorhanden sind, so sieht man, dass für die fertigen Stoffe und auf das Volum berechnet, das hygroskopische Wasser bei dem Baumwollstoff eine grössere Rolle spielt als bei dem Wollstoff. Setzt man dem Volum nach berechnet die hygroskopische Feuchtigkeit bei Wolle etwa = 2,35 %, so würde der analoge Werth bei dem Shirting = 6,4 % sein müssen, also die Wirkungen können bei den praktisch verwertheten Stoffen solche werden, dass die hygroskopische Wolle im Ganzen uns weniger mit wechselnder Feuchtigkeit belästigt, als die an sich weniger hygroskopische Baumwolle.

Die Aufnahme von Wasser in die Kleidung erreicht bei voller Wasserdampfsättigung der Luft für die hygroskopische Feuchtigkeit den Maximalwerth. Eine stärkere Benetzung tritt dann bei Nebel ein; die Wassertröpfchen setzen sich an unserer Kleidung fest. Von diesen Graden der Durchfeuchtung kann

sich die Wasserbenetzung durch Regen, Schweiss u. s. w. schliesslich bis zur totalen Durchnässung steigern.

Einfluss des zwischengelagerten Wassers auf den Wärmedurchgang.

Das zwischengelagerte Wasser in der Kleidung hat eine ausnehmend wichtige Bedeutung für die Beurtheilung des Werthes eines Stoffes. Es ist hier nicht der Ort, über dieses Verhältnis eingehender zu sprechen, weil hier nur die rein physikalischen Beziehungen erörtert werden sollen. Die Eingangs bei Darlegung der hygroskopischen Feuchtigkeit gegebenen Zahlen über das absolute Leitungsvermögen des Wassers zu dem Leitungsvermögen der anderen gasförmigen und festen Bestandtheile der Kleidung geben uns auch für die folgenden Betrachtungen die nöthige Orientirung. Sie zeigen mit fortschreitender Benetzung eines Stoffes, dass dabei immer mehr das Leitungsvermögen des benetzten Gewebes sich jenem des Wassers nähern muss, und zwar rasch, weil durch das Wasser zugleich die schlecht leitende Luft verdrängt wird; bei den verschiedenen Grundstoffen aber geht das Wachsthum des Leitungsvermögens ungleich vor sich. Die Wolle unterscheidet sich von Haus aus erheblich von dem Leitungsvermögen des Wassers, die Seide weniger, die Cellulose gar nicht. Ein Raum mit Wasser und Wolle gefüllt leitet weniger gut als ein solcher mit Seide und Wasser und Baumwolle und Wasser.

Ausschlaggebend für die Veränderung, welcher das Leitungsvermögen eines befeuchteten Stoffes unterliegt, sind also die Mengenverhältnisse zwischen Stoff, Luft, Wasser, für welche ich zuerst nähere quantitative Angaben gemacht habe.

Ueber diese allgemeinen Andeutungen betreffs der Veränderung des Leitungsvermögens in nassen Stoffen hinaus sind wir aber nicht in der Lage, etwas auszusagen. Namentlich lässt sich nicht, wie man meinen könnte, durch einfache Rechnung das Wärmeleitungsvermögen nasser Stoffe auffinden, wie ich näher darlegen werde. Bis jetzt liegen Versuche, aus denen das Wärmeleitungsvermögen benetzter Stoffe zu erschliessen wäre, überhaupt nicht vor.

Ich bemerke ausdrücklich, dass in dem Folgenden ausschliesslich nur die Veränderung, welche durch die Feuchtigkeit der Kleidung im Wärmeleitungsvermögen des Stoffes hervorgerufen werden kann, untersucht werden soll, aber nicht etwa der Gesammtwärmeverlust, den irgend ein Körper durch aufgelegte nasse Stoffe erfährt. Diese letzte Frage würde eine ganz unnöthige und unwillkommene Complication darbieten. Bei einem nassen Stoffe hängt die Wärmeabgabe einer darunter liegenden Fläche, neben dem Leitungsvermögen noch ausserdem von der Verdunstung ab. Diese wieder bedingt so viele Umstände aller Art, dass wir dieselben getrennt von der berührten Frage zu besprechen haben.

Schon aus diesem Grunde sind Experimente, die man mit benetzten Stoffen an dem Krieger'schen Cylinder angestellt hat, ohne Werth, weil die Verdunstung in variabler Weise auf das Resultat eingewirkt haben kann. Ich möchte nochmals gegen die Verwendung dieser Methodik gerade für die in Frage stehende Untersuchung mich aussprechen. Die starke Wärmeentziehung schliesst die Verwendung von Cylindern, deren Wassertemperatur nur mittelst eines einfachen Thermometers gemessen wird, absolut aus. Solche Messungen sind aus dem besagten Grunde, wie ich mich durch Versuche am Durchströmungsapparat überzeugte, ganz und gar nicht zu gebrauchen. In ihren Ergebnissen gleichartige Versuche beweisen gar nichts für die Richtigkeit der Resultate.

Die Untersuchungen müssen als bekannte Voraussetzung, die Zusammensetzung des Stoffmaterials, die Menge des Wassers, die Dicke der angewandten Schicht angeben.

Die Wirkung, welche die Benetzung von Kleidungsstoffen ungleicher Webeart hat, habe ich durch folgende Experimente zu erläutern gesucht. Es wurden verschiedenartige Stoffe auf den gleichmässig auf 99° gehaltenen Leslie'schen Würfel aufgezogen, nahezu von ganz gleicher Dicke. Auf die Stoffe wurde eine blank geputzte Messingplatte gelegt, um immer genau die gleiche Ausstrahlung zu haben. Nachdem (bei gleichbleibender Lufttemperatur) die Ausstrahlung der trockenen Substanz bestimmt

war, wurde jeder der Stoffe benetzt, gewogen und dann die Ausstrahlung wieder gemessen.

Die glattgewebten Stoffe, die von Anfang an wenig Luft einschliessen, und benetzt, undurchgängig sind, zeigen sofort ein starkes Ansteigen der Ausstrahlung, also eine grössere Wärmeleitung.

Die lockeren Stoffe, welche trotz Benetzung noch viel Luft enthalten, haben zwar auch im Wärmedurchgang zugenommen, aber, entsprechend der geringeren Porenfüllung, weit weniger als die glatten Stoffe, die sich voll mit Wasser saugen.

Tabelle V.

Gleichdicke Stoffschichten, bedeckt von einer Messingplatte.

Stoff	Nahm aus 1000 g Wasser auf bei Benetzung	Die Poren sind in % gefüllt mit Wasser	Galvanometer ausschl. trocken	Galvanometer ausschl. feucht	% Zuwachs	Luft im trockenen Stoff
Leinen, glatt . .	1263	96,3	9,71	12,03	23,9	63%
Baumwolle, glatt	1000	96,0	9,05	11,29	23,7	63 »
Tricot-Wolle . .	2688	63,9	11,35	12,22	7,6	82 »
» -Seide . . .	3750	73,6	11,11	12,22	10,0	85 »
» -Baumwolle .	1214	32,9	12,49	13,21	5,9	80 »

Unterschiede der Grundsubstanzen werden durch die ungleiche Wasserfüllung bei den Tricotstoffen verdeckt.

Die volle Wirkung, welche die Wasserbenetzung hinsichtlich des Wärmedurchgangs erzeugt, lässt sich aber aus obigen Experimenten nicht entnehmen. Dazu müssten die Versuche eine andere Anordnung erhalten. Man findet, wenn man verschiedene Stoffdicken in der gegebenen Weise vergleicht, ganz verschiedene Relationen für den Wärmedurchgang. Ich bin in ähnlicher Weise vorgegangen, wie in den eben berichteten Experimenten, nur habe ich grössere Stoffdicken gewählt. Die Wärmeausstrahlung erfolgte durch eine Kupferplatte.

9 Schichten Leinen, 28,4 g schwer, werden in Wasser getaucht und nehmen dabei 33,0 g auf = 1160 pro 1000 g Stoff.

Die Wärmeausstrahlung im trocknen Zustande ist = 47,7°,
im feuchten » » = 79,2°.

Die Dicke des Stoffes betrug 0,24 cm; die Poren waren zu 88,4% mit Wasser erfüllt.

Der Wärmedurchgang wurde durch die Befeuchtung um 66,0% gesteigert.

Leinen in 5facher Schicht, welches 1263 g Wasser pro 1000 Theilen aufgenommen hatte und dessen Poren zu 96,3% mit Wasser gefüllt waren, gab im

trocknen Zustand . . . 9,71°,
feuchten » . . . . 12,03° Ausschlag,

demnach mehr um 23,9%.

Wollflanell (22,8 g) in 4 Lagen auf dem Würfel ausgebreitet, gab in trocknem Zustande 33,88° Ausschlag, in 2 Lagen 44,30°; sodann wurden die Flanelllagen befeuchtet und nahmen 40 g Wasser = 1754 pro 1000 Theilen auf. Daraus berechnet sich eine Füllung des Porenraumes zu 23,6% mit Wasser.

Die Ergebnisse waren:

Galvanometerausschlag.

	Trockner Stoff	Feuchter Stoff	Zunahme
4 Lagen . .	33,88	64,95	+ 91,6%,
2 Lagen . .	44,30	78,50	+ 77,2%.

Die Wärmedurchgängigkeit der feuchten Stoffe ist eine ganz ausserordentliche, so kommt es, dass die Aussentemperatur des Bleches fast die gleiche ist, ob nun zwei oder vier Lagen darunter liegen. Die Wärmedurchgängigkeit trockner Schichten ist weit geringer. Die relativen Werthe sind also bis zu einem gewissen Grenzwerth von der Dicke der untersuchten Schicht abhängig.

Ich habe daher die Dicke der Schichten nun weiter vermehrt, aber nur für Flanell die Reihe wiederholt.

Galvanometerausschlag.

	Trockner Stoff	Feuchter Stoff	Zunahme
2 Lagen . .	41,07°	77,77	+ 89,3%,
4 » . .	32,74°	77,14	+ 135,7%,
8 » . .	25,53°	69,93	+ 173,9%.

Der Wärmeverlust nimmt bei Anwendung von trocknen Stoffen mit jeder weiteren Lage von Stoff ab, bei Durchfeuchtung mit Wasser aber macht sich erst bei dem Uebergang von 4facher zu 8facher Lage eine Abnahme bemerkbar, d. i. bei einer Dicke von **0,68—1,36 cm.**

Daraus kann man auch ersehen, wie wenig man hinsichtlich der Beziehungen zwischen Wärmeleitungsvermögen, trockner und feuchter Stoffe erfahren kann, wenn man beliebige Stoffdicken in Untersuchung nimmt, ohne dass die Grenztemperaturen — (an dem warmen Körper und, die Oberflächentemperatur in Berührung mit Luft) bekannt sind.

Für die Bekleidungs-Hygiene haben alle Untersuchungen, die nicht quantitative Vorstellungen geben, nur ganz bedingten Werth; wir müssen genau den Grad der Einwirkung auf den Organismus beurtheilen können, die Anforderungen kennen lernen, welche die Einlagerung von Wasser in den Stoffen, bezüglich der Wärmeproduction an unseren Körper stellt.

Einige allgemeine Sätze über den Einfluss der Durchfeuchtung lassen sich aus den von mir bestimmten Leitungsconstanten und dem Vergleich mit dem Leitungsvermögen des Wassers ableiten.

Ich habe vorgeschlagen, hinsichtlich der Wasserfüllung bei den Kleidungsstoffen zwei Grenzwerthe zu unterscheiden, die maximalste Porenfüllung, wenn alle Poren mit Wasser gefüllt sind, und die minimalste, wenn nur Wasser in einem Stoff nach dem Auspressen noch zurückgehalten war.

Es ist zweckmässig, die Beziehungen des Wassers zum Wärmeleitungsvermögen für diese beiden Zustände getrennt zu betrachten, und ich beginne vorerst mit den Verhältnissen maximalster Porenfüllung.

Die Hohlräume in der trockenen Kleidung sind mit Luft gefüllt; das Porenvolum pflegt ein beträchtliches zu sein, bei den einzelnen Stoffen zwischen 50 bis 93 % schwankend. Auf 1 Theil fester Substanz treffen also höchst ungleiche Luftquantitäten und selbstverständlich nach Verdrängung der Luft durch Wasser höchst differente Wasserquantitäten. Das

Leitungsvermögen eines maximal benetzten Stoffes lässt sich vergleichend beurtheilen, wenn man aus den auf Seite 34 gegebenen Leitungsconstanten die Mittelwerthe für die Mischung ableitet. Wenn ein Gewebe im benetzten Zustande auf 1 Thl. fester Grundsubstanz 11,3 Thl. Wasser aufnimmt, so habe ich einmal das Leitungsvermögen der Grundsubstanz und 11,3 Mal jenes des Wassers in Rechnung gebracht, und aus den 12,3 Thl. Mischung wieder auf 1 Thl. gerechnet. Die Zahlen geben dann zwar aus mehreren Gründen kein absolutes, aber ein relatives Maass. Im wesentlichen ist die Frage zu entscheiden, ob bei vollster Benetzung eines Stoffes die Grundeigenschaften des Gewebes neben dem grossen Wasserreichthum und dessen Wärmeleitung in Betracht kommen.

Nach dieser Richtung hin sind die nachfolgenden Zahlen vollkommen beweiskräftig.

Tabelle VI.

Bezeichnung	Auf 1 Theil feste Substanz trifft an Wasser des benetzten Stoffes	Leitungsvermögen der Wasser- und Stoffmischung
Wollflanell	10,3	0,001387
Baumwollflanell	6,0	0,001428
Tricot-Seide	3,8	0,001349
» Wolle	4,8	0,001293
» Baumwolle	4,2	0,001463
» Leinen	2,1	0,001474
Glatte Baumwolle	0,8	0,001444

In Stoffen mit maximalster Wasserfüllung prägt sich bis zu einem gewissen Grade ein Einfluss der Grundsubstanz immerhin noch aus, wie die Werthe für Wollflanell, Tricotseide und Wolle erkennen lassen. Für die praktische Beurtheilung dürfte es freilich ziemlich gleichgültig sein, ob ein Stoff mit 0,001293 oder ein solcher mit 0,001474 die Haut berührt, weil die Wärmeentziehung schon im ersten Fall ungemein gross ausfallen muss. Baumwoll- und Leinenstoff unterscheiden sich im Leitungsvermögen von Wasser nicht. Einen gewissen Dienst leisten der

Wärmeökonomie die nassen Kleider immerhin dadurch, dass die in den Hohlräumen befindlichen Wasserantheile wirklich eine stagnirende Flüssigkeitsschicht darstellen; freies Wasser von ungehemmter Beweglichkeit entzieht mehr Wärme.

Weit bedeutungsvoller für die Betrachtung der menschlichen Kleidung in thermischer Hinsicht ist die minimalste Wasserfüllung der Poren. Nur in den allerseltensten Ausnahmsfällen trägt der Mensch Kleidungsstoffe mit einem grösseren Wassergehalte, als er der minimalsten Füllung der Poren entspricht.

Der Grad minimalster Porenfüllung kann durch verschiedene Einflüsse verändert werden; die Herabsetzung bis zu einer gewissen Grenze kann von allgemeiner Bedeutung sein. Die minimalste Wassercapacität ist ein echter Grenzwerth der Benetzung. Jeder vernünftige Mensch wird nach einer starken Durchnässung zum mindesten versuchen, durch Auswringen das Wasser aus der Kleidung zu beseitigen und erreicht damit jenen Zustand, den man die minimalste Wassercapacität genannt hat.

Von dieser Grenze geht durch Vermindern des Wassergehaltes die Kleidung in den lufttrockenen Zustand über. Die verschiedenartigen Zustände unvollkommener Befeuchtung werden namentlich durch die wechselnde Schweisssekretion hervorgerufen.

Es hätte nach den von mir mitgetheilten Angaben über den Luftgehalt der Kleidung keine Schwierigkeiten, für die minimalste Wassercapacität zu berechnen, welche Mengen Grundstoff, Luft, Wasser in einzelnen Fällen vorliegen, und man möchte meinen, es müsste etwas ganz Einfaches sein, aus solchen Zahlen das Leitungsvermögen eines feuchten Stoffes zu berechnen.

Wir sind in einer ähnlichen Art wenigstens für den Fall maximalster Wassercapacität vorgegangen, haben aber schon dabei bemerkt, dass die Zahlen nur ein allgemeines, relatives Bild geben; diese Annäherung kann für die Rolle, welche die maximalste Wasserfüllung überhaupt spielt, vorläufig vollkommen befriedigen. Anders steht aber die Sachlage für die minimalste Wassercapacität und die Fälle geringer Durchnetzung der Stoffe.

Wollte man etwa die in Tabelle I gegebenen Constanten verwenden, so käme man durch eine Mischungsrechnung auf ganz

irrige Resultate; die Constanten sind berechnet für eine compacte, wärmeleitende Masse.

Ehe wir an die Mittheilung der von mir gewonnenen Werthe gehen, muss ich auf die Gründe hinweisen, welche eine gesonderte Untersuchung benetzter Stoffe nothwendig machen und die Beziehungen des Wassers zu den Geweben schildern. Ich habe in früheren Veröffentlichungen nur auf die quantitativen Verhältnisse der Benetzung hingewiesen, aber doch schon in den Mittheilungen über die mikroskopische Structur der Kleidung die Wichtigkeit der räumlichen Form der Spalträume betont. In consequenter Verfolgung dieser Thatsachen ergeben sich auch einige wichtige Beziehungen für die Rolle des Wassers in der Kleidung; die theoretischen Folgerungen werden alsdann durch das Experiment zu prüfen sein.

Der Wärmedurchgang durch trockene Stoffe ist, wie wir gezeigt haben, von der Anordnung der Schichten der Kleidung abhängig; die Verarbeitungsweise beeinflusst zum Theil wesentlich die Wanderung der Wärme. Wir dürfen daher auch vermuthen, dass die Anordnung des Wassers in der Kleidung, wie sie durch die Spalträume bedingt ist, nicht ohne Einfluss auf die Wärmeleitung sein kann. Das sich zwischenlagernde Wasser kann daher nicht nach Maassgabe des Leitungsvermögens für Wasser, wie es oben angegeben ist, beurtheilt werden. Das Wasser tritt in den Stoffen, die nicht ganz mit Wasser durchtränkt sind, in der Form von Tröpfchen oder Wassersäulchen auf; die Wärme tritt durch diese von Luft und Stoff unterbrochenen Wasserfäden u. s. w., wodurch der Wärmeabfluss gehemmt wird.

Wenn man die photographischen Aufnahmen von Kleidungsstoffschnitten, die von mir publicirt worden sind, betrachtet, so kann man sich ein Bild von der Mannigfaltigkeit der Anordnung des Wassers in dem Geweberaum der Kleidung machen.

Die Anordnung, der räumliche Aufbau ist ein ganz wesentlicher Factor; würden wir die Anordnung des Stoffes durch eine mathematische Formel zum Ausdruck bringen können, so würde sich den theoretischen Ableitungen der Leitungsconstanten

kein Hindernis in den Weg stellen. Von einer solchen Lösung der Fragen sind wir noch weit entfernt. Das Experiment muss die Stelle rein theoretischer Betrachtungen noch lange ersetzen.

Ein feuchter Stoff ist aber von noch complicirterer Zusammensetzung wie ein trockener. Die Verhältnisse liegen, wie man a priori annehmen muss, noch verwickelter wie für die trockenen Gewebe. Man kann sich einen benetzten Kleidungsstoff aus Wasser, «Stoff» und Lufttheilen zusammengesetzt denken, diese wechselnden Schichten von Stoff, Luft, Wasser, die Sättigung der Hohlräume mit Wasserdampf und die Aufnahme hygroskopischen Wassers durch alle nicht mit Wasser in directem Contact stehenden Stoffantheile stellen äusserst wechselnde Bedingungen für den Wärmedurchgang dar.

Verfolgt man die Verhältnisse weiter im einzelnen, so ergeben sich noch bemerkenswerthe Verschiedenheiten.

Der trockene Kleidungsstoff ist ein Gerüste, in welches hinein das Wasser bei der Befeuchtung eingelagert wird. Wie aber die Form und Ordnung fester Substanzen im Raum von Einfluss ist, so muss diese auch für das Wasser Giltigkeit haben. Nicht das Viel oder Wenig allein geben hier den Ausschlag. Es wechseln Hohlräume der verschiedensten Form und Grösse in den Geweben; aber bei all den vielen Möglichkeiten, welche dem Spiel des Zufalls zugeschrieben werden könnten, kehrt doch immer für die verschiedenen Gewebe ein gewisses Gemeinsames, ein bestimmter Typus wieder.

Neben der Grösse und Form der präformirten Räume spielen die Attraction zwischen Grundsubstanz und capillaren Wirkungen eine Rolle. Die Benetzbarkeit ist bei verschiedenen Stoffen sehr verschieden, wie jeder Wäscherin bekannt. Leinen, Seide, Baumwolle saugen sich schnell voll Wasser und gehen unter, während Wollstoffe gewaltsam unter Wasser gehalten werden müssen, um sich voll zu durchnetzen. Zum Theil hängt diese Benetzung von äusseren variablen Umständen, Fettgehalt, Anordnung der Fasern, in überwiegendem Maasse aber von der Grundsubstanz ab. Die Wollfaser hat keine Anziehung für

Wasser; das Animalisiren der vegetabilischen Faser wirkt in gleichem Sinne vermindernd auf die Wasseraufnahme.

Wir dürfen vermuthen, dass bei Aufnahme von Wasser durch Gewebe verschiedener Grundsubstanzen die Lagerung des Wassers im Stoffe selbst keine gleichartige sein wird. In Leinen-, Baumwoll- und Seidengeweben folgt das Wasser einer mächtigen, capillaren Anziehung in die kleinsten Hohlräume hinein, bei Wolle müssen die kleinsten Hohlräume den grössten Widerstand für das Wasser geben.

Die Beziehungen des Wassers zur Grösse der Hohlräume und zur Attraction von Grundstoffen sind Ursache von mancherlei specifischen Eigenthümlichkeiten der Stoffe.

Vermuthlich hängt mit dieser Anordnung auch die ungleiche Wanderung des Wassers durch Wolle hindurch zusammen, die Cramer in meinem Laboratorium zuerst aufgefunden hat.

Die capillaren Steighöhen sind für einige Stoffe von Mense[1]) angegeben worden; Angaben finden sich auch bei Göppelsröder.[2]) Ich habe drei Stoffe, deren Dichte mir bekannt ist und von welchen mikroskopische Durchschnitte den näheren Aufbau mir zeigten, zu einem Experiment benützt. Die Fasern des glatten Batistes liegen sehr enge, so dass man bei der Vergrösserung 1:50 nur sehr kleine Zwischenfadenräume wahrnehmen kann. Bei der glatten Seide sind diese Räume zum Theil etwas grösser, bei Kaschmir noch grösser, aber immerhin so klein, dass die kräftigsten capillaren Wirkungen zu Stande kommen müssen — und doch zeigen nur Seide und Baumwolle solche; bei diesen war in 4 Stunden die Steighöhe 10,0 cm.

Ich habe durch Chelius[3]) einige orientirende Versuche über die Beziehungen der Kleidungsstoffe zu Umsetzungen der Schweissbestandtheile anstellen lassen, welche bereits unverkennbare, bestimmte Einflüsse auf die Zersetzung und Abgabe riechender Stoffe erkennen lassen.

---

1) Mense, Inauguraldissertation, München 1890.

2) Göppelsröder, Ueber Capillaranalyse, Wien 1889.

3) Inauguraldissertation, Marburg.

An den Umsetzungen, welche in Kleidungsstoffen vor sich gehen, sind keineswegs nur Mikroorganismen betheiligt. Im Grunde genommen, wissen wir über den Vorgang solcher Zersetzungen durch die Mikroorganismen in der Kleidung nichts direct Erwiesenes, wir schliessen nur auf Verhältnisse für die Kleidung aus anderen Analogien.

Gewisse Veränderungen können an den sich einlagernden Stoffen aber auch durch die physikalischen Verhältnisse in der Kleidung eingeleitet werden; ich möchte in dieser Hinsicht auf einzelne, wenig beachtete Experimente über Capillaranalyse von Göppelsröder aufmerksam machen[1]).

Göppelsröder hat verschiedene Salze durch Capillarität in Filtrirpapier, Baumwoll-, Leinen-, Woll- und Seidenzeugbändern aufsteigen lassen und bei Kaliumnitrit, Natriumsulfat, Kochsalz keinerlei Zerlegung dieser Salze wahrnehmen können. Dagegen erleidet der Salmiak eine Zerlegung; die Lösung, wie auch die Streifen reagiren schwach sauer. Jodkalium wird durch Papier, Baumwoll-, Leinen- und Seidenzeug nicht zerlegt, jedoch durch Wolle.

Wir kommen also zu dem Schlusse, dass das Wasser in der Kleidung eine bestimmte Form annimmt und dass die Art der Einlagerung von der Grösse der Hohlräume bedingt wird, sowie von Attractionsverhältnissen. Auch chemische Aenderungen, die ihrerseits ja auch, wenn auch in beschränktem Maasse, für das Leitungsvermögen von Wichtigkeit sein könnten, sind nicht ausgeschlossen. Die vorläufig theoretischen Betrachtungen müssen durch das Experiment geprüft werden.

Zuverlässige und allgemein verwendbare Resultate können nur gewonnen werden, wenn man das Leitungsvermögen durch eine der Methoden, die wir früher angewandt haben, feststellt. Ich habe die Stefan'schen Calorimeter für diese Untersuchungen beibehalten können.[2]) Winckelmann hat mittelst dieser Instrumente, wie an anderer Stelle bemerkt wurde, das Leitungs-

1) Göppelsröder. l. c.

2) Ich halte es für überflüssig, die nicht unbeträchtliche Anzahl von Messungen mit dem Durchströmungsapparat hier anzufügen, weil die Ergebnisse keine anderen waren, als mit dem Stefan'schen Calorimeter.

vermögen von Flüssigkeiten geprüft; aber es ergeben sich bei solchen Experimenten eine Reihe von Schwierigkeiten, wie ich aus Versuchen, das Leitungsvermögen des Wassers zu bestimmen, gesehen habe.

Wenn man sich aber für die Untersuchung der Kleidungsstoffe innerhalb der von mir genau angegebenen Grössen der Wasserbenetzung und Füllung des Cylinders hält, kann man die Experimente ebenso ausführen, wie jene mit trockenen Stoffen. Sie erfordern allerdings eine gewandtere Zeitmessung, weil die Abkühlung eine ungemein rapide ist und ein Irrthum um Sekunden erheblich in's Gewicht fällt.

Die Ausführung begegnet weit grösseren Unbequemlichkeiten, als man sie bei Experimenten mit trocknen Stoffen zu überwinden hat.

Bei manchen Stoffen ist regelmässig, wenn die Füllung dieselbe bleibt, zwischen dem ersten und zweiten Experiment ein Unterschied in dem Sinne vorhanden, dass das letztere ein etwas höheres Wärmeleitungsvermögen ergibt wie ersteres. Dies rührt, wie ich gesehen zu haben glaube, von einer Wanderung des Wassers im Stoff selbst her. In einem Fall, wo ich eine erhebliche Differenz fand, habe ich die Versuche öfter unter möglichst gleichmässiger Vertheilung des Wassers wiederholt, bis die Mittelzahl aus mehreren Versuchen ein genaues Resultat versprach. Im allgemeinen sind die Experimente aber doch zu dem erforderlichen Grad der Genauigkeit zu bringen, wenn man nur einmal in Erfahrung gebracht hat, wie zu verfahren sei; man wird in schwierigen Fällen am besten für jedes Experiment das Calorimeter neu mit dem Stoff füllen und die an den Wandungen sitzenden Tröpfchen beseitigen.

Ich habe eine Reihe der typischsten Stoffe untersucht, verschiedene glatte Gewebe aus Wolle, Seide, Baumwolle, um den Einfluss der Grundsubstanz auf die Aenderung im Leitungsvermögen zu studiren; glatte Stoffe, Tricot und Flanell, um den Einfluss der Webarten kennen zu lernen. Ausserdem untersuchte ich noch zwei Oberkleiderstoffe: Loden und Winterkammgarn.

Jeder Stoff wurde einmal mit einer kleinen, dann mit einer grösseren Wasserbefeuchtung untersucht. Die letztere wurde so gewählt, dass sie annähernd der minimalsten Wassercapacität entsprach. In fast allen Fällen gelang es fast gleiche Wassermengen in den Geweben unterzubringen; man regulirt den Wassergehalt am besten durch Pressen zwischen Fliesspapier. Die zur Benetzung verwendeten Wassermengen waren nahe an 3 oder nahe an 6 g; der Cubikinhalt des Calorimeters = 22,6 cc. Die festen Stoffe konnten nicht auf ein bestimmtes gleichbleibendes Gewicht normirt werden, weil sie ja nicht beliebig zusammengepresst werden können.

Zumeist waren die Stoffmengen genau diejenigen, die ich früher zu der Bestimmung des Leitungsvermögens im trocknen Zustande verwandt hatte; wo dies nicht der Fall, wie beim Wolltricot, habe ich mit dem trocknen Stoffe eine ergänzende Messung des Leitungsvermögens vorgenommen. In anderen Fällen bei Kaschmir, Seide und Winterkammgarn berechnete ich das Wärmeleitungsvermögen für die trockenen Gewebe auf die entsprechende Füllung. Wie diese Rechnung auszuführen sei, habe ich früher gezeigt.

Was die Darstellung und Erklärung der Versuchsergebnisse anlangt, so ist diese ungemein verwickelt und schwierig, wenn man von den angewandten Gewichtsmengen ausgehen will; sehr übersichtlich und im weiteren leichter zu behandeln wird die Frage, wenn wir von Anfang an die Raumfüllungen der angewandten Mischungen zu Grunde legen.

Ich verfahre hiebei folgender Weise: Die Gewichtsmengen der angewandten Stoffe (lufttrocken) werden auf Volume gerechnet; hiebei habe ich die von mir für lufttrockene Substanz im Mittel angenommene Zahl 1,3 spec. Gewicht für alle Stoffe verwendet. Da der Raum des Calorimeters = 22,6 ccm, so werden alle Volume, Stoff, Wasser, Luft auf 100 ccm berechnet und man erhält demnach sofort ein anschauliches Bild von dem Gemenge von Stoffen, an welchen man ein Experiment ausführt.

Für die neuen Messungen ist immer der Werth β log. e mit angeführt; im übrigen erfolgte die Berechnung genau in der bei den trocknen Stoffen eingehend angeführten Weise unter der Annahme, dass der Wasserwerth des Wassers eine besondere Correctur für die Temperatur nicht bedürfe.

Die folgende Generaltabelle wird nach dem Vorausgehenden verständlich sein.

Tabelle VII.

Generaltabelle.

Substanz	Volume Luft	Volume Wasser	Volume Feste Stoffe	β log e	k für Luft = 0,0000576	Relat. Zahl z. Luft	k für Luft = 0,0000532
Wollflanell	87,0	0	13,0	0,000801	0,0000737	137,1	0,0000723
	75,0	13,3	11,7	0,00128	0,0001230	213,4	0,0001136
	58,8	28,2	13,0	0,001682	0,0001680	291,5	0,0001552
Wolltricot	87,9	0	12,0	0,000778	0,0000710	123,1	0,0000656
	74,7	13,3	12,0	0,001409	0,0001348	234,0	0,0001245
	61,5	26,5	12,0	0,001684	0,0001689	293,0	0,0001560
Kaschmir	83,7	0	16,3	—	—	110,1	0,0000585
	70,4	13,3	16,3	0,001379	0,0001334	231,3	0,0001231
	57,2	26,5	16,3	0,001775	0,0001799	312,1	0,0001662
Seide, glatt	83,0	0	17,0	—	—	123,6	0,0000658
	69,7	13,3	17,0	0,001412	0,0001367	237,3	0,0001263
	56,5	26,5	17,0	0,001816	0,0001842	319,6	0,0001701
Batist	81,7	0	18,3	—	—	152,1	0,0000810
	68,4	13,3	18,3	0,001637	0,0001604	278,3	0,0001482
	55,2	26,5	18,3	0,001931	0,0001981	343,7	0,0001830
Loden (Innsbruck)	85,4	0	14,6	—	—	141,5	0,0000733
	70,8	14,6	14,6	0,001395	0,0001350	234,2	0,0001247
	57,1	28,3	14,6	0,001622	0,0001647	285,7	0,0001521
	41,0	44,4	14,6	0,002236	0,0002394	415,4	0,0002211
Winterkammgarn	83,2	0	16,8	0,000840	0,0000775	134,4	0,0000715
	69,5	13,7	16,8	0,001236	0,0001201	208,5	0,0001110
	56,6	26,5	16,8	0,001630	0,0001654	287,1	0,0001526

Die ersten drei Stäbe geben die Raumtheile an. Sie lassen durch Rechnung leicht finden, von welcher Stoffmenge ich ausging; um alle Zweifel zu beheben, mögen aber noch die directen

Zahlen angefügt sein[1]). Da Calorimeter IV verwendet wurde, sind die absoluten Werthe zuerst auf dieses bezogen, in Stab 7 die relativen Werthe zu Luft abgeleitet und in Stab 8 die absoluten Werthe für Luft = 0,0000532.

Wenn man die Zahlen im Grossen betrachtet, so bringen sie also den Beweis, dass die Einlagerung des Wassers das Leitungsvermögen der Kleidungsstoffe erhöht. Die Vermehrung ist selbst bei geringen Wassermengen eine ungemein erhebliche. Wenn nur 13 Raumtheile Wasser vorhanden sind, so kann das Leitungsvermögen fast um das Doppelte steigen. Bei den Lodenstoffen, wo die reichlichste Variation hinsichtlich der Befeuchtung vorgenommen wurde, steigerte sich schliesslich der Wärmedurchgang auf das Dreifache, obschon der Stoff noch 44,6 Raumtheile hatte, welche mit Wasser gefüllt werden konnten.

Stoffe gleicher Raumfüllung mit Wasser und feste Stoffe, aber ungleicher Grundsubstanz, zeigen deutlich doch noch einen Unterschied des Leitungsvermögens; z. B. ergibt sich

		K
für Kaschmir	. . . . . =	0,0001662,
» Seide	. . . . =	0,0001701,
» Batist	. . . . . . =	0,0001830.

Das ist eine sehr bemerkenswerthe und wichtige Thatsache. Manchmal kehrt sich durch die Befeuchtung die Reihenfolge im Wärmehaltungsvermögen bei trocknen und feuchten Stoffen um. Flanell und Kaschmir geben ein Beispiel hiefür. Trocken leitet der Flanell, durchnässt der Kaschmir besser.

1) 4,53 Flanell + 6,3 g Wasser; 4,01 Flanell + 3 g Wasser.
3,5 Wolltricot + 6 g Wasser; 3,5 Tricot + 3 g Wasser.
4,77 Kaschmir + 6 g Wasser; 4,77 Kaschmir + 3 g Wasser.
5,00 Seide + 6 g Wasser; 5,0 Seide + 3 g Wasser.
6,17 Batist + 6 g Wasser; 6,17 Batist + 3 g Wasser.
4,30 Loden + 10 g Wasser; 4,3 Loden + 6,4 g Wasser; 4,3 Loden + 3,3 g Wasser.
4,95 Winterkammgarn + 6 g Wasser; 4,95 Winterkammgarn + 3 g Wasser.

Aus diesen Zahlen ist weiter abzuleiten, ob irgend ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Zunahme des Leitungsvermögens und zunehmendem Wassergehalt zu finden sei. Für eine solche Betrachtung haben wir die Wege durch die gewählte Darstellungsweise der Generaltabelle sehr erleichtert. Jedenfalls muss das Leitungsvermögen des trocknen Stoffes bekannt sein. Dann lässt sich berechnen, um wie viele Procente durch die Befeuchtung das Leitungsvermögen gegenüber dem trocknen Stoff zugenommen hat und dieser Zuwachs in Relation setzen zur Wassermenge, die zur Benetzung Anwendung gefunden hat.

Richtiger ist es, nicht von den Gewichtstheilen, sondern von den Raumtheilen auszugehen. Ich berechne also für die Einzelfälle, um wie viel Procente z. B. bei Wolltricot durch das Wasser = 13,3 Raumtheilen, das Leitungsvermögen gewachsen ist, und berechne dann weiter den Zuwachs des Leitungsvermögens durch Benetzung für einen Raumtheil Wasser. Die Rechnung ist leicht an der Hand der Generaltabelle auszuführen; ich habe daher in der folgenden Tabelle nur die Ergebnisse aufgenommen.

Tabelle VIII.

Für die Aenderung des Wassergehaltes eines Raumes um 1% nimmt das Wärmeleitungsvermögen (Luft = 100) um x% zu:

Bezeichnung	Berechnet aus einer Wasserfüllung von		
	13—14%	26—28%	44%
Wollflanell	5,73	5,45	—
Wolltricot	8,33	6,41	—
Kaschmir	9,11	7,62	—
Seide, glatt	7,78	7,47	—
Kaschmir	9,11	7,62	—
Batist	9,47	7,22	—
Loden	6,35	5,10	6,14
Winterkammgarn	5,41	6,18	—

Diese sind gruppirt nach Bearbeitungsweise und Grundstoff. Sie beweisen: die Zunahme des Leitungsvermögens mit

wachsendem Wassergehalt ist im grossen und ganzen eine ähnliche bei allen Stoffen. Es bestehen aber doch typische und beträchtliche Verschiedenheiten, wenn höhere Grade der Benetzung in Frage kommen.

Bei Wollgeweben lässt sich der Einfluss der Bearbeitungsweise in ganz eclatanter Weise vorführen.

Der Wollflanell nimmt bei schwacher Benetzung für 1 Raumtheil Wasser um 5,73 im Leitungsvermögen zu; bei höherem Wassergehalt berechnet man im Mittel nur 5,45%.

Ein Tricot würde durch die gleiche Wassermenge aber erheblich wärmedurchgängiger um 8,3 bis 6,4%, und am grössten ist der Unterschied beim Kaschmir 9,1 bis 7,62%.

Der Flanell verhält sich also am gleichmässigsten im trocknen und feuchten Zustande.

Von hoher Bedeutung erscheint der Umstand, dass der aus der grösseren Raumfüllung mit Wasser berechnete Werth alle mehr oder minder beträchtlich kleiner sind als die aus der kleinen Raumfüllung berechneten Werthe.

Es muss also bei dem Zuwachs von 14 auf 28 Raumtheilen Wasser das Leitungsvermögen viel langsamer zunehmen, als von 0—14%.

Von den ersten Raumtheilen Wasser, die wir einem lufttrocknen Stoff zuführen, wird ein Theil bei Wolle, annähernd 2 Raumtheile, als hygroskopisches Wasser gebunden. Es wäre möglich, dass diese stärkere Bindung des Wassers auch ein grösseres Leitungsvermögen bedingt als die einfache Benetzung.[1]) Aber erheblich kann sich in den Resultaten, wie sie hier vorliegen, diese Wirkung nicht äussern. Bei Baumwolle und Seide kommt überhaupt nur 1 Raumtheil Wasser bei Wasserdampfsättigung in Betracht und doch sind hier die gleichen Unterschiede bei starker und schwacher Wasserfüllung.

Offenbar hängt die Aenderung der Wärmedurchgängigkeit mit wachsendem Wassergehalt ab von der Grösse und An-

1) Meine Versuche mit hygroskopischem Wasser unterstützen diese Annahme nicht.

ordnung der Räume, in der das Wasser gelangt, und dem Grösserwerden bereits gegebener Wassertröpfchen u. s. w. Wenn zuerst capillare Räume sich füllen, so wird das eine gegebene Wassermenge, einen grösseren Contact der Stoffe untereinander vermitteln, als wenn überhaupt fast keine capillaren Räume vorhanden sind und das Wasser in grössere Räume, als Tröpfchen sich sammelt.

Stoffe gleicher Webweise zeigen auch Verschiedenheiten im Zuwachs an Leitungsvermögen. Die Reihenfolge ist hier Seide, Kaschmir, Batist, bei geringer Porenfüllung mit Wasser.

Bei reichlicher Füllung verliert sich diese Verschiedenheit und die Stoffe erhalten sich bis auf einige $^1/_{10}$% gleich. Auch hier ist ausgeprägt, dass die Zunahme des Leitungsvermögens bei starker Benetzung nicht in demselben Maasse wie bei kleiner Benetzung anwächst.

Die Tuchsorten wie Loden und Kammgarn zeigen ungleiches Verhalten. Die Zunahme erfolgt bei Loden nicht ganz gleichmässig; sie sinkt bei 26 bis 28% und steigt wieder bei etwas grösserer Benetzung. Offenbar spielt die Art der Räume, in die sich Wasser lagert, eine wichtige Rolle.

Winterkammgarn zeigt eine anormale Eigenschaft, insofern er bei starker Benützung etwas rascher wärmedurchgängig wird als bei kleiner Benetzung. Mit Rücksicht auf diese Eigenthümlichkeit habe ich die Messungen mehrfach, ohne andere Ergebnisse zu erhalten, wiederholt.

Gerade die Betrachtung des Einflusses der Feuchtigkeit auf die Wärmeleitung hat uns mit neuen wichtigen Eigenschaften der Bekleidungsstoffe bekannt gemacht. Wie schon die Grundstoffe verschiedene Art und die Webweise, die Dichte eine ungeheuere Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und des Werthes einzelner Stoffe zu Stande gebracht haben, so fügt sich als neuer wichtiger Factor, das specifische Verhalten zu Wasser hier an.

Wir haben erwiesen, dass die Eigenthümlichkeiten der Aenderung des Leitungsvermögens erhebliche sind. Zu begutachtende Stoffe müssten also auch in ihrem Leitungsvermögen im benetzten Zustande besonders untersucht werden.

Hinsichtlich der Verwerthung für den Gebrauch der Kleidungsstoffe im täglichen Leben bedarf es noch einer anderen Betrachtung der vorliegenden Zahien.

Wir haben die Stoffe bis jetzt gewissermaassen unter künstlichen Bedingungen untersucht, bei einer unseren Apparaten angepassten Dichte, und einer die Rechnung und Uebersicht erleichternden Wasserfüllung; ich will es nunmehr aber unternehmen, aus meinen Messungen einige weitere praktische Folgerungen abzuleiten, die von hohem Interesse sind.

Wir wollen die Frage aufwerfen, welche Zusammensetzung ein Stoff (nach Volumen) besitzt, so wie wir ihn lufttrocken tragen, und welcher Veränderung in der räumlichen Zusammensetzung er anheimfällt, wenn er durchnässt wird, wie es der minimalsten Wassercapacität entspricht.

Für die meisten Fälle kann ich mich bei diesen Berechnungen auf die Untersuchungen und Messungen stützen, die ich schon früher mitgetheilt habe; für eine Reihe von Substanzen habe ich aber noch besondere Untersuchungen angestellt, sowohl für den trockenen als feuchten Zustand. Die Ergebnisse der Rechnung enthält die folgende Tabelle. [1])

Tabelle IX.

Bezeichnung	Specifisches Gewicht		Wasseraufnahme pro 1 g berechnet	Der feuchte Stoff enthält Volume		
	trocken	feucht		Stoff	Wasser	Luft
Wollflanell	0,101	0,238	1,343	7,7	13,7	78,6
Baumwollflanell	0,146	0,309	1,118	11,2	16,3	71,5
Tricot-Seide	0,219	0,550	1,514	16,8	33,1	60,1
» Wolle	0,179	0,408	1,278	13,7	22,9	63,4
» Baumwolle	0,199	0,427	1,143	15,3	22,8	61,8
» Leinen	0,348	0,762	1,191	26,7	41,4	31,9
Lodenstoff	0,28	0,66	1,37	21,5	38,4	40,1
Kaschmir	0,26	0,48	1,07	20,7	22,1	57,2
Seide, glatt	0,39	0,69	0,68	30,7	30,0	39,3
Feinster Batist	0,35	0,79	1,26	26,7	44,1	29,2
Gewöhnliche Baumwolle	0,624	1,129	0,81	48,0	50,5	0
Winterkammgarn	0,238	0,46	1,20	18,3	22,0	59,7

1) Die Luftfüllung im **trockenen** Zustand ergibt sich ohne Weiteres, wenn man das Volum des Wassers zur Luft im letzten Stabe addirt.

Wenn ich den Volumgehalt an Wasser, den ein sich benetzender Stoff aufnimmt, kenne, so erlauben die oben Seite 61 gegebenen Zahlen (pro 1 Raumtheil Aenderung im Leitungsvermögen) für einen sich von unseren Beobachtungsgrenzen nicht zu weit entfernenden beliebigen Wassergehalt die Berechnung des Leitungsvermögens.

Da die Stoffe bei natürlicher Befeuchtung nur selten mehr Wasser enthalten, als der minimalsten Wassercapacität entspricht, weil jeder Mensch eine darüber hinausgehende Befeuchtung durch Auspressen mit der Hand beseitigen wird, zeigen uns zwei Werthe des Leitungsvermögens in trockenem Zustande und im Zustande minimalster Wassercapacität, innerhalb welcher Grenzen bei den einzelnen Stoffen in praxi das Leitungsvermögen schwanken kann.

Je grösser die Schwankungen, um so unbehaglicher ist eine solche Kleidung beim Schwitzen u. dgl., weil wir gewissermaassen plötzlich aus einem behaglichen warmen Klima in ein kälteres versetzt werden. Je gleichmässiger das Leitungsvermögen im trockenen und feuchten Zustande, desto geeigneter ist ein Stoff für gewisse Aufgaben der Bekleidung.

Die Grenzwerthe für das Leitungsvermögen im benetzten und trockenen Zustande sind demnach folgende.

Tabelle X.

Stoff	Enthält bei minimalster Wassercapacität x Volumen Wasser	Das Wärmeleitungsverm in benetztem Zustande zu Luft = 100	Wärmeleitungsverm. Luft = 0,0000532		Trocken: feucht wie 1:
			trocken	nass	
Wollflanell . .	13,3	213,4	0,0000723	0,0001136	1,56
Wolltricot . .	23,0	295,5	0,0000656	0,0001425	2,17
Kaschmir . . .	22,1	278,5	0,0000585	0,0001482	2,53
Seide	30,0	346,7	0,0000658	0,0001844	2,80
Batist	44,1	470,5	0,0000810	0,0002503	3,09
Loden	38,4	356,5	0,0000735	0,0001896	2,58
Glattgewebte Baumwolle .	50,5	516,7	0,0000810	0,0002750	3,39
Winterkammgarn	22,1	270,3	0,0000715	0,0001438	2,01

Die einzelnen Stoffe unterscheiden sich also ganz ungemein. Die geringsten Schwankungen zeigt der Wollflanell, indem, trocken und feucht, der Wärmedurchgang nur um 50 % schwankt. Sehr ähnlich verhalten sich das Tuch aus Kammwolle und der Wolltricot. Die Schwankungen betragen hier 101 bis 117 %, dann folgen Loden und Kaschmir. Der Loden nimmt unzweifelhaft eine etwas ungünstigere Stelle ein als im täglichen Leben, insoferne er die in der Tabelle aufgeführte Wassermenge nur bei längerem Pressen unter Wasser annimmt.

Erheblich ungünstiger stellen sich glattgewebte Seide und feiner Batist, bei welchen der Zuwachs 180 bis 209 % ausmacht, am schlechtesten der glatte Hemdenstoff mit 239 % Zuwachs an Leitungsvermögen.

In diesen Zahlen liegen die wesentlichsten und bedeutungsvollsten Eigenheiten der Kleidungsstoffe ausgedrückt; unser Gemeingefühl würde freilich noch eine etwas andere Ordnung der Stoffe fordern, weil wir ja im täglichen Leben nicht Stoffe gleicher Dicke zu vergleichen gewöhnt sind, sondern zumeist die viel dickeren Wollstoffe mit dünneren aus anderer Grundsubstanz in Parallele stellen.

Die minimalste Wassercapacität gewinnt, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, eine grössere Bedeutung als man ihr bis jetzt zugemessen hat. Man wird für solche Kleidung, welche häufig der Durchnetzung mit Schweiss ausgesetzt ist und doch warm halten soll, fordern müssen, dass die minimalste Wassercapacität keine sehr grosse sei. Man wird gewiss bald durch die Erfahrung herausfinden können, welche Grenzen die zweckmässigsten sind; nur muss man die Bedingungen, unter denen der Erfahrung ein Urtheil überlassen werden soll, eben derartig wählen, dass aus den praktischen Beobachtungen wirklich Schlüsse gezogen werden können. Bis jetzt ist dies noch nie in richtiger Weise geschehen.

Man hat die Eigenschaft der meisten Wollgewebe, sich nur in beschränktem Maasse mit Wasser zu beladen, als eine ungünstige und bedenkliche bezeichnen wollen. Meine Versuche lassen erkennen, dass dieses Urtheil nicht zutreffend ist; wenn eine

bestimmte Grenze der Benetzbarkeit von selbst inne gehalten wird und sich Wasser nur in bestimmten Grenzwerthen, welche unterhalb der Benetzbarkeit anderer Gewebe liegen, anhäufen kann, so gewährt uns diese natürliche Benetzbarkeit zugleich eine Grenze für das Anwachsen des Leitungsvermögens und indirect für den Wärmeverlust. Es scheint mir also dieser Gesichtspunkt bei der Beurtheilung von Kleidungsstoffen durchaus nicht ohne Wichtigkeit zu sein.

Nicht in allen Fällen herrschen gleichheitliche Zustände im Feuchtigkeitsgehalt in den Bekleidungsstücken. In der folgenden Abhandlung werden nähere Mittheilungen über Experimente hinsichtlich der Vertheilung der Feuchtigkeit in trocknenden Stoffen gemacht werden.

Wenn ein total durchnässter Stoff unter trockenen Stoff gelegt wird, so werden die über dem trockenen Stoff lagernden Schichten in ihrer Feuchtigkeit beeinflusst. Solche Verhältnisse entstehen bei dem Einlagern von Schweiss in die Kleidung. Der Wärmeabfluss wird also auch in den verschiedenen Schichten eine ungleiche Geschwindigkeit besitzen müssen. Auch bei der Austrocknung total benetzter Stoffe ergibt sich mit der Zeit eine ungleiche Wasservertheilung, auf welche ich auch in der nächsten Abhandlung zu sprechen komme, und ebenso bei der Regenbenetzung von aussen.

Durch die Hautabsonderung kommt die Kleidung mit sehr verschiedenen Substanzen in Berührung, welchen unzweifelhaft die gemeinsame Eigenschaft, Wärme besser als Luft zu leiten, zukommt. Getragene und noch nicht gereinigte Stoffe verlieren an Wärmesparungsvermögen. Dem Schweiss mengt sich auch der Hauttalg bei.

Werden Kleidungsstoffe in hartem Wasser gewaschen, so schlägt sich ein erheblicher Antheil an Seife in dem Stoff nieder, auch bei ungenügender Spülung der Wäsche nach der Seifenbehandlung bleibt von Seife häufig genug ein Antheil zurück. Besonders bei Wollwäsche ist dies oft der Fall.

Das Verhalten hinsichtlich der Aenderung des Wärmeleitungsvermögens kann also von Interesse sein.

Eine Aenderung hinsichtlich der Luftbewegung kann durch die kleinen Mengen zwischengelagerter Substanz nicht hervorgerufen werden; es ist aber zu erwarten, dass namentlich das Gemenge von Stoffen, welches wir Schweiss nennen, das hygroskopische Verhalten beeinflusst. Ich habe immer beobachtet, dass der zum Trocknen verdampfte menschliche Schweiss die Neigung hat, Wasser anzuziehen und aufgenommenes Wasser fest zurückhält.

Da fettartige Einlagerungen gewiss häufig vorkommen, so habe ich eine vergleichende Prüfung des Einflusses einer Oelbefeuchtung vorgenommen.

Tabelle XI.
Calorimeter IV.

Füllung	g Stoff	g Wasser	g Fett	β log e	k	Relat. Zahl zu Luft	Relat. Zahl zu Luft für 6 g	Absolute Zahl für 6 g und Luft = 0,0000532
Luft . . .	0	0	0	—	0,0000576	100	100	0,0000532
Wollflanell	4,5	0	0	0,000801	0,0000737	127,8	137,6	0,0000723
Wollflanell befeucht.	4,5	6,39	0	0,001652	0,0001680	291,4	205,5	0,0001094
Wollflanell mit Fett	4,5	0	5,25	0,000986	0,0000946	164,2	139,5	0,0000745

Wollflanell wurde in trockenem Zustande, dann in benetztem und schliesslich nach vorausgegangener Trocknung, mit Olivenöl befeuchtet, untersucht.

Ohne weiteres sieht man, dass die Wasserwirkung eine weit stärkere ist, wie die Aenderung durch Oel; letzteres muss also — und ist von anderer Seite auch schon dargethan — schlechter leiten wie Wasser.

Für 6,39 Wasserzugabe ist das Leitungsvermögen um 163,6 % gestiegen = 25.6 pro 1 g.

5,25 g Fett haben nur 36,4 % Zuwachs gegeben = 6,92 % pro 1 g.

In der Kleidung hat sich also Wasser : Oel wie 100 : 27 hinsichtlich des Leitungsvermögens verhalten.

Damit erschöpfen sich die wesentlichsten Aufgaben, die uns in physikalischer Hinsicht, die Kleidung betreffend, gestellt waren; wir beabsichtigten, in grossen Zügen die Verhältnisse des Wärmeleitungsvermögens der Grundstoffe und Gewebe in trockenem und feuchtem Zustande zu schildern. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen geben für die praktische Aufgabe, für die Hygiene der Bekleidung viele neue Anregungen und eine sichere Basis zur Beurtheilung der Handelsgewebe. Die Beobachtungen des täglichen Lebens werden gesichtet und geläutert und die hygienische Beobachtung in richtige Bahnen gelenkt.

Die äusseren Bedingungen der Wärmeabgabe von feuchten Kleidungsstoffen.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die äusseren Bedingungen der Wärmeabgabe.

Für die Grösse der Wärmeverluste eines Körpers, der von einem Stoffe bedeckt ist, kommen ausser den Leitungsconstanten die Temperaturen der begrenzenden Flächen in Betracht; bei dem Menschen also die Hauttemperatur und die Oberflächen-Temperatur der Kleidung. Letztere wird durch die äusseren Bedingungen für die Wärmeabgabe beeinflusst und stellt den Ausgleich zwischen den wärmeentziehenden Momenten und dem Transport der Wärme, wie ihn die inneren Zustände des Stoffes bedingen, dar.

Die äusseren Bedingungen der Wärmeabgabe sind: Wärmeverlust durch Strahlung, durch Luftberührung, durch Verdunstung von nassen Stoffen. Diese äusseren Bedingungen der Wärmeabgabe haben wir für feuchte Stoffe noch nicht näher kennen gelernt. Aber auch ohne tieferes Eindringen in diese Materie wird klar sein, dass diese äusseren Bedingungen sehr wechselnde sein können und dass also der Wärmedurchtritt durch einen benetzten Stoff nicht gemessen werden kann, wenn man nicht Mittel zur Gleicherhaltung dieser äusseren Bedingungen besitzt.

Da man bisher diese Letzteren nie eingehender studiert hat, so ist man nicht in der Lage ein geeignetes Verfahren in dieser Hinsicht anzugeben.

Es haben daher auch alle Experimente, die man durch Bedeckung des Krieger'schen Cylinders mit nassen Stoffen durchgeführt hat, abgesehen von den methodischen Fehlern, die ich früher rügte, keine weitere Bedeutung hinsichtlich der Beurtheilung specifischer Eigenthümlichkeiten der Kleidungsstoffe. Ich habe schon betont, dass man Leitungsvermögen und Verdunstung u. s. w. getrennt behandeln muss. Die nachfolgenden Versuche stellen sich die Aufgabe, Strahlung und Verdunstung näher zu behandeln.

Meine Versuche haben zahlenmässig erwiesen, inwieweit durch die Porenfüllung mit Wasser das Leitungsvermögen der Stoffe zunimmt; also auch bei völlig aufgehobener Berührung mit den äusseren Bedingungen geht durch die Kleidungsstoffe ungemein reichlich Wärme hindurch, wenn sie benetzt sind.

Der Wärmedurchtritt durch die feuchten Stoffe wird, vorausgesetzt, dass die äusseren Bedingungen die Verdunstung erlauben, durch die letztere erheblich beeinflusst. Wie wir nach Feststellung des Leitungsvermögen für trockene Stoffe noch den Wärmedurchtritt bei freier Berührung mit der Atmosphäre berührten so bedarf es auch für die feuchten Stoffe einer ähnlichen Betrachtung.

Betreffs der Verdunstung benetzter Kleidungsstoffe nimmt man an, dass ganz erhebliche specifische Eigenthümlichkeiten gegeben seien, Leinwand z. B. verdunste das Wasser viel schneller als »Wolle«. Auch für andere Gewebe wie Unterkleiderstoffe finden sich ähnliche Angaben. Ich bin bei näherer Betrachtung dieser allerdings nicht sehr zahlreichen Experimente zu der Überzeugung gelangt, dass dieselben durchaus nicht geeigenschaftet seien, allgemeinere Schlüsse auf die Wasserverdunstung zu rechtfertigen. Man hat bisher nicht erkannt, wie viele Factoren auf die Ergebnisse der berührten Experimente haben einwirken können; unter den einfachen Voraussetzungen, die man bisher gemacht hat, ist es ganz unmöglich, die specifischen Eigenschaften eines Stoffes und Gewebes auf die Verdunstung kennen zu lernen.

Zumeist hat man in solchen Experimenten Stoffe ähnlich wie zu dem Zwecke des Wäschetrocknens im Laboratorium oder

im Freien aufgehängt und die Gewichtsabnahme gemessen, nachdem sie benetzt waren. Man hat zu der Zeit als solche Verdunstungsversuche gemacht wurden, noch keine Vorstellung von dem räumlichen Aufbau der Kleidung, ihrer Dicke, ihrer Dichte, dem ungleichen Strahlungsvermögen besessen. Wir haben durch die vorangehenden Abhandlungen gesehen, wie ausserordentlich das Wärmeleitungsvermögen mit dem Grade der Benetzung sich ändern kann, und wie desgleichen der Luftgehalt Schwankungen unterworfen sein kann. Was man also an einem Leinenflecke, an Barchent, Flanell, Tricotstoffe als Verdunstung constatirt, braucht nicht einmal an denselben Stoffen unter etwas variirten Bedingungen einzutreten.

Die Untersuchungen über den Wärmedurchgang durch feuchte Stoffe haben uns mit absoluter Sicherheit auf Eigenthümlichkeiten in der Anordnung des Wassers, auf bestimmte Beziehungen zu den Hohlräumen, auf Attractionsverhältnisse u. s. w. hingewiesen. Ich glaube, dass man jetzt wohl wird berücksichtigen müssen, wie diese Umstände auch auf die Verdunstung zurückwirken.

Wenn man bei einem Verdunstungsversuche mit dem einen Stoff mehr, bei dem andern weniger Wasserverlust gefunden hat, so weiss man noch nicht, welcher von den vielen Factoren Ausschlag gebend gewesen ist.

Die Verdunstung an einem Kleidungsstoff vollzieht sich zum grössten Theil an dessen Oberfläche, weil hier die Luftbewegung am beträchtlichsten ist; aber zum Theil auch in der Tiefe des Stoffes, wenn derselbe für Luft durchgängig geblieben ist. Bei glattgewebten Stoffen fällt, wie ich dargethan habe, dies Moment »innerer Verdunstung« weg, weil deren Poren sich ganz mit Wasser schliessen[1]) und an und für sich nur wenig Luft, selbst in trockenem Zustande eintreten lassen.

Bei der Durchnässung wird, wie ich gezeigt habe, die Wärmeleitung so gesteigert[2]) dass für solche Dickenschichten,

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29 ff.
2) Dasselbe, Bd. XXV.

wie sie eben der natürlichen Bekleidung entsprechen, von einem Temperaturgefälle nur innerhalb sehr bescheidener Grenzen die Rede sein kann. Die Verdunstung ändert dann sofort diese Verhältnisse; es wird so lange Wärme gebunden bei geeigneten Aussenbedingungen bis die durch das verminderte Temperaturgefälle der Begrenzungsflächen abgeleitete Wärme gleich ist dem Wärmeverlust durch Strahlung, Luftcontact und Wasserverdampfung. Die einzelnen Factoren hängen, wie man sieht sehr innig zusammen.

Die Verdunstung erzeugt an der Oberfläche des wasserabgebenden Stoffes eine Temperaturerniedrigung; vorausgesetzt, dass die Strahlungsconstante eines benetzten Körpers nicht kleiner ist als die eines trockenen, kann man behaupten, der Wärmeverlust durch Strahlung und Contact müsse bei benetzten, Wasser verdunstenden Flächen **kleiner** sein, als bei trockenen Flächen. Die gegentheilige Angabe, wie man derselben vielfach begegnet, beruht auf einem Irrthum, wie ich später zeigen werde. Eine Steigerung der Ausstrahlung bei Verdunstung findet sich nur, wenn der benetzte Stoff, welcher eine Wärmequelle berührt, ausserordentlich dünn und die Verdunstung gering ist.

Die Wärmebindung durch die Verdunstung ist grösser, als die Erniedrigunng der Wärmeverluste durch Strahlung und Contact ausmacht, woraus folgt, dass die Wärmeabgabe auf den genannten Wegen keine festen Relationen zeigt; bei sehr stürmischer Verdunstung bedingt letztere den Hauptantheil der Wärmeverluste. Die Versuche über die Verdunstung sind vielfach in der Absicht angestellt worden, aus der Menge des in einem Experiment verdunstenden Wassers auf die Menge der dem Körper entzogenen Wärme zu schliessen. Ich will vorerst ganz und gar davon absehen, dass derartige Versuche oft durchaus nicht den am Körper gegebenen Bedingungen entsprachen; aber auch die Voraussetzung, dass in allen Fällen die durch die Verdunstung gebundene Wärme ausschliesslich dem Körper entzogen werden müsste, ist unzutreffend. Es lassen sich Verhältnisse denken, unter welchen eine verdun-

stende Fläche durch die Verdunstung selbst niedriger als die Umgebung temperirt wird. In einem solchen Falle stammt ein Bruchtheil der gebundenen Wärme aus der umgebenden Atmosphäre selbst. Das bekannte August'sche Psychrometer hätte vor der Verallgemeinerung, dass die Verdunstungswärme nur dem Organismus entzogen werden muss, warnen sollen.

Ich habe im Vorstehenden den Akt des Verdunstungsvorganges so geschildert, wie er in den meisten Fällen zum Ablauf gelangen dürfte. Die Verdunstung ist eine äussere Bedingung für die Wärmeabgabe; sie wird aber noch unterstützt und beeinflusst durch den Wärmeverlust durch Luftcontact und durch die Strahlung.

Auf die Verdunstung und die Wärmestrahlung will ich in Folgendem, soweit allgemeinere Fragen gestreift werden können, näher eingehen. Den Wärmeverlust durch Luftberührung kann man leider für den Menschen direct nicht bestimmen. Er wird wesentlich bedingt durch die Form eines Gegenstandes; die konstante des Wärmeverlustes durch Luftberührung ist bei einem Würfel eine ganz andere als für einen Cylinder oder eine Pyramide. Die complicirte Form der menschlichen Oberfläche setzt selbstverständlich erheblichere Schwierigkeiten für die Ableitung derartiger Werthe.

Strahlung und Verdunstung sind dagegen der Untersuchung zugänglich.

a) Wärmestrahlung.

Betreff der Wärmestrahlung herrscht, wie gesagt, die Anschauung, dass die Benetzung eines Stoffes die Wärmeabgabe auf »allen Wegen«, also auch durch Strahlung und Leitung steigere.

Wenn man von der Wärmestrahlung benetzter Stoffe spricht, muss man zwei Dinge getrennt halten, einmal die Aenderung in den quantitativen Verhältnissen der Wärmeabgabe und dann die specifische Aenderung des Strahlungsvermögens. Bei Benetzung könnte die bessere Wärmeleitung die Aussentemperatur eines Körpers erhöhen, dann müsste nothgedrungen auch die

nach aussen durch Strahlung verlorene Wärme steigen, ohne dass eine andere Aenderung einzutreten brauchte. Es könnte aber auch das specifische Strahlungsvermögen eine Aenderung erleiden; unter letzterer verstehen wir die Menge der von einer Flächeneinheit (Quadratmeter) in der Zeiteinheit (1 Stunde) bei einer Temperaturdifferenz von 1° zwischen ausstrahlender Fläche und umgebenden Medium abgegebenen Wärme.

Für die trockenen Kleidungsstoffe habe ich auch a. O. eine grössere Anzahl von Messungen der Strahlungsconstante mitgetheilt.[1])

Die Feststellung der Strahlungsconstante für die Durchfeuchtung bildet also eine nothwendige Voraussetzung für alle weiteren Betrachtungen. Die bisherigen Angaben über diesen Gegenstand sind sehr spärlich.

Messende Versuche über das Wärmestrahlungsvermögen feuchter Stoffe hat Péclet[2]), allerdings in sehr bescheidener Zahl, ausgeführt.

Vor den Trichtern einer mit einem Galvanometer verbundenen Thermosäule wurden zwei Blechgefässe aufgestellt, deren eines mit trocknem weissen Schreibpapier, das andere mit feuchtem Papier bespannt war.

Beide Würfel wurden erwärmt, bis die Galvanometernadel auf 0 stand; alsdann wurden die Temperaturen der Säule und der Blechgefässe abgelesen und daraus das Strahlungsverhältnis von trockenen und feuchten Stoffen abgeleitet.

Die Methode, nicht absolut einwandsfrei in vielen Fällen, begegnet in dem eben geschilderten Falle besonderen Schwierigkeiten.

Da Péclet offenbar verhüten wollte, dass das Papier zu rasch austrocknete, hat er, abweichend von allen übrigen Versuchen mit anderen Materialien hier sehr geringe Temperaturdifferenzen zwischen Thermosäule und Blechgefässen angewandt. Die Säule hatte 11,6°, die Gefässe, mit trockenem Papier überzogen, 18,3°,

1) Archiv f. Hyg., Bd. XVI, S. 101 und Bd. XVII, S. 1 ff.

2) Traité de la chaleur.

jenes mit feuchtem Papier 15,4°, in einem zweiten Experiment mit gummirtem Wasser die Säule 10,4, die Gefässe 16,6 und 15,2°.

Aus den Ergebnissen leitete er dann ab als Constante (für 1 qm, 1 Stunde, 1° Temperaturdifferenz zwischen strahlender Fläche und Umgebung),

für feuchtes Papier	. . . .	5,25 Cal.,
» gummirtes »	. . . .	4,81 »
trockenes Papier	. . . . .	3,73 »

Das wäre ein Mehr um 41 bezw. 29% für die Befeuchtung.

Ich habe einige Versuche ausgeführt, aus denen das Verhältnis der Wärmestrahlung trockener und benetzter Stoffe zu ersehen ist. Ein mit einem Stoff überzogener Leslie'scher Würfel wird auf seine Ausstrahlung untersucht, dann mittelst eines Dachshaarpinsels benetzt und die Strahlung wieder bestimmt. Am besten wiederholt man diese Versuche mehrfach nach einander, weil dann durch das Austrocknen des feuchten Stoffes ein tadelloses Anlagern erreicht wird.

Bei hoher Temperatur des Würfels lassen sich die Experimente nicht ausführen, am besten geht man über 40 bis 50° nicht hinaus. Der Stoff soll fest und dünn sein.

Bei 21° der Thermosäule und 38° des Leslie'schen Würfels fand ich das Verhältnis der Ausstrahlung zwischen trockener und feuchter glatter Baumwolle wie 100:137,2 im Mittel. Dieser Werth nähert sich also den Angaben von Péclet auf wenige Procente; die Péclet'sche Methodik gewährt nicht die gleiche Handlichkeit und Genauigkeit wie mein Verfahren.

Man darf vermuthen, dass Oel sich hinsichtlich der Veränderung der Strahlung ähnlich wie Wasser verhalten werde; ich habe im Anschluss an die vorigen Reihen auch einige Experimente mit Provenceröl angestellt. Da hier die Verdunstung keine Rolle spielt, kann man bei verschiedenen Temperaturen Messungen machen. Ich habe das Verhältnis zwischen der Ausstrahlung eines trocknen und eines geölten Stoffes wie 100:138,7 gefunden, also um weniges höher als bei Wasserbenetzung.

Diese Relation kann natürlich nur Geltung haben, wenn die ganze Oberfläche eines Stoffes mit Wasser überzogen ist; solches lässt sich nur bei glatter Seide, glattem Leinen und bei Baumwolle ausführen. Viele andere Gewebe nehmen Wasser nur unvollständig an, sie besitzen also dann auch keinen gleichmässigen, ununterbrochenen Wasserüberzug; würden daher im benetzten Zustand andere Relationen als die vorliegend gefundenen zeigen müssen.

Diese Relationen gelten also nur für den zur Untersuchung verwendeten Stoff; wenn man annehmen dürfte, dass alle mit Wasser benetzten Stoffe gleichmässig Wärme ausstrahlen, und dass die Art der Grundsubstanz der Stoffe gleichgültig ist, so würden sich immer noch Differenzen ergeben müssen in den Relationen der Strahlung eines trockenen und benetzten Flanells, eines trockenen und benetzten Tricotgewebes u. s. w. Ueber die Grenzen vorkommender Schwankungen im Strahlungsvermögen, könnte man sich aber leicht durch Rechnung eine Orientirung verschaffen, wenn man aus der von mir gefundenen Relation für feuchte Baumwolle den absoluten Strahlungswerth ableitet und ihn mit den von mir a. O. gegebenen absoluten Werthen vergleicht. Für die weiteren Untersuchungen kann ich vorläufig von derartigen Berechnungen durchaus absehen und mich mit dem allgemeinen Schluss, dass die Durchfeuchtung die Strahlung um höchstens etwa $^1/_3$ vermehrt, begnügen.

Die Annahme, es werde nach der Benetzung von Stoffen und Kleidern mit Wasser der Wärmeverlust durch Strahlung vermehrt, oder wie man zu sagen pflegt, der Wärmeverlust auf allen Wegen, ist aber eine irrige.

Meine sogleich mitzutheilenden Untersuchungen zeigen, dass die Erhöhung der Strahlungsconstante bei feuchten Stoffen die Annahme vermehrter Wärmeabgabe durch Strahlung nach erfolgter Benetzung keineswegs rechtfertigt.

Ich kann im Folgenden eine Reihe von Versuchen anführen, welche ein ungemein charakteristisches Licht auf die Aenderung der Wärmeabgabe bei Benetzung von Stoffen werfen. Ich habe auf den Leslie'schen Würfel, dessen Wasser auf 100° geheizt

war, verschiedene Bekleidungsstoffe von fast gleicher Dicke befestigt. Ihre Ausstrahlung wurde im trockenen Zustande gemessen, die ausstrahlende Fläche, war der Stoff selbst, der ohne weitere Bedeckung blieb. Die Temperaturdifferenz zwischen Würfel und Säule betrug 82—83° C. Nachdem mehrere galvanometrische Messungen gemacht waren, wurde der Stoff befeuchtet, gewogen, wieder auf den Würfel gebracht und möglichst rasch eine Ablesung gemacht, dann von 3 Minuten zu 3 Minuten die Ausstrahlung bis zur Trocknung fortgesetzt gemessen.

Die Versuche gaben ein höchst merkwürdiges Resultat, wenigstens wenn man nach den sonst üblichen Darstellungen über den Einfluss der Verdunstung in der Beurtheilung sich richten will.

Tabelle I.

Scalenwerthe von 3 zu 3 Minuten abgelesen.

	Leinen	Glatte Baumwolle	Seidetricot
Trocken	67	67	64
Feucht .	59	55	54
» .	45	49	43
» .	40	41	39
» .	38	37	40
» .	37	49	55
» .	41	57	69
» .	48	64	—
» .	60	—	—

Der benetzte Stoff hat also nicht mehr, sondern erheblich weniger an Wärme durch Strahlung verloren.

Bei Leinen sank die Ausstrahlung sofort auf 59° von 67° im trockenen Zustande, bei glatter Baumwolle von 67° auf 55, bei Seidetricot von 64 auf 54°.

Ebenso merkwürdig war der weitere Gang der Experimente; die Strahlung sinkt immer mehr, erreicht nach ¼ Stunde bei Leinen, nach 12 Minuten bei glatter Baumwolle, nach 9 Minuten bei Seidetricot ein Minimum, das aber nur unerheblich von den Nachbarzahlen abweicht und offenbar einer Art Gleichgewichtszustand entspricht.

Ungemein rasch hebt sich dann schliesslich die Ausstrahlung und erreicht die Anfangswerthe derselben. Solange also der Stoff feucht ist und verdunstet, ist offenbar seine Oberflächentemperatur eine ausserordentlich niedrige, sonst hätte ein derartiges Absinken der Strahlung nicht eintreten können. Wie für die Strahlung, so muss auch der Wärmeverlust für den Contact mit Luft kleiner geworden sein, da für diese nicht die Oberflächenbeschaffenheit, sondern die Oberflächentemperatur maassgebend ist. In diesen drei Fällen habe ich bestimmt, wie viel Wasser der Stoff aufgenommen hatte; 1000 Theile Leinen hatten 1881, 1000 Theile Shirting 1191 und 1000 Seidetricot 2760 Theile Wasser aufgenommen. Am Schlusse des Versuches wurde von mir constatirt, dass die Stoffe sämmtliches Wasser abgegeben hatten.

Ich wiederholte diese Experimente nochmals, indem ich sie zugleich auf mehr Stoffe, als bisher angewandt worden waren, ausdehnte. Die Austrocknungsperiode habe ich nicht überall voll abgewartet, da diese weniger Interesse bietet; die Ablesung erfolgte alle 4 Minuten.

Tabelle II.

Scalenwerthe von 4 zu 4 Minuten abgelesen.

	Flanell	Wolltricot	Baumwoll-tricot	Seidetricot	Glatte Baumwolle
Trocken	70,0	64,0	70,0	72,0	65,0
Feucht[1])	49,0	58,0	55,0	70,0	45,0
»	51,0	56,0	58,0	56,0	65,0[2])
»	48,0	46,0	50,0	52,0	—
»	42,0	39,0	44,0	—	—
»	40,0	58,0	54,0	—	—
»	—	65,0	—	—	—

Einige Notizen werden diese Versuche noch zu erläutern haben. Der Wollflanell, eine Lage, zeigt gleichartige Verhältnisse. Sofort nach der Benetzung beginnt der Temperatursturz, denn die Ausstrahlung war schon bei der ersten Beobachtung auf

1) Sofort abgelesen.

2) 7. Minute.

auf 49 Scalentheile abgefallen; ungemein gleichmässig hält sich diese Zahl bis zur 12. Minute nach der Benetzung, dann sinkt sie weiter bis 40.

Nach der 8. Minute sah der Flanell geradezu bethaut aus. Die Oberfläche war mit kleinsten Tröpfchen übersät. Nach der 12. Minute war er noch feucht und gab etwas Dampf ab.

5,7 g Flanell hatten 23,6 g Wasser aufgenommen und in 19 Minuten 21,3 g verdampft = **1,12 g pro Minute.** Zu Ende des Versuches waren noch 2,3 g Wasser vorhanden.

Wolltricot (2 Lagen) zeigt sich im Gange der Ausstrahlung verschieden von Flanell, in dem ein mehr allmähliges Absinken zu einem Minimum in der 16. Minute beobachtet wurde. Von da ein rasches Steigen. Noch in der 12. Minute war der Wolltricot aussen mit feinen Tröpfchen besät und fühlte sich feucht an. Er hatte 49,2 g aufgenommen und zu Ende des Versuches alles Wasser bis auf 0,2 g abgegeben = 1,44 g pro Minute, mehr also wie der Flanell.

Der Baumwolltricot, 2fach, zeigt von Anfang an ein langsames Absinken, und erreicht ein so tiefes Minimum wie Flanellwolle und Wolltricot überhaupt nicht. Nach der 16. Minute wird er noch feucht, zeigte aber nicht die Wassertröpfchen wie Flanell und Tricotwolle, weil es ihm an den vorstehenden Härchen der Wolle eben fehlt. Er hat 25,6 g Wasser aufgenommen, bei Schluss des Versuches noch 2 g enthalten und in der Minute 1,25 g verdampft.

Seidetricot, 3fach, sank nach der Benetzung nur wenig in der Ausstrahlung, fiel später noch erheblich ab, aber nicht so sehr, wie die übrigen Gewebe. Er hatte 29,8 g Wasser aufgenommen, in der 12. Minute aber nur 17,7 Wasser verdampft = 1,43 g pro Minute.

Am rapidesten verlief der Versuch bei glatter Baumwolle wo nach einem starken Abfall nach der 4. Minute, sofort ein Ansteigen auf normale Ausstrahlung folgte. Das Gewebe fühlte sich bereits trocken an, enthielt aber doch noch viel Feuchtigkeit. Von 21,6 g aufgenommenen Wassers waren 8,7 noch nicht verdampft. In einer Minuten wurden abgegeben 1,84 g.

Der Umstand, dass die Wasserabgabe wesentlich von der Oberfläche eines Kleidungsstückes erfolgt, hat zu der irrigen Annahme, die Kleidung trockne von Aussen nach Innen, Veranlassung gegeben. Ich habe stets beobachtet, dass die inneren, dem Leslie'schen Würfel anliegenden benetzten Kleidungs- und Stofftheile schon trocken waren, wenn die äusseren Schichten noch sichtbar Dampf abgaben und sich nass anfühlten. Dies ist ebenso der Fall, wenn man den Würfel auf 100° heizt, oder wenn man ihn auf nur 40 bis 50° bringt.

Sehr hübsch ist, wie schon erwähnt, diese Ablagerung von Wassertröpfchen am Flanell zu sehen. Auch für den Tricot gilt das eben Gesagte, nur mit der Einschränkung, dass die Oberfläche und Rauhheit dieser Stoffe wesentlich geringer ist als die eines Wollflanells.

Obgleich offenbar zu Beginn des Anlegens benetzter Stoffe an den Leslie'schen Würfel die Wasserverdampfung die mächtigste ist, wird das Minimum der Ausstrahlung erst dann erreicht, wenn der Wasservorrath am Versiegen ist. Dies rührt offenbar davon her, dass, wie erwähnt, das Wasser allmählich nach aussen transportirt wird. An der Oberfläche verdunstet noch Wasser, wenn die inneren Schichten bereits anfangen, die Wärme schlechter zu leiten, als früher in dem benetzten Zustande. Wärmeentziehung, Mangel an Wärmezufuhr von Seite der wärmenden Flächen erklären also das eigenthümliche Verhalten der Strahlung.

Wenn man die Ausstrahlung des trockenen Stoffes = 100 setzt, so fällt das Minimum der Ausstrahlung bei dem befeuchteten Stoff:

Bei Leinen . . .	auf 53,9	Bei Tricotbaumwolle	auf 64,0
» Baumwolle . .	» 55,0	» Tricotwolle . .	» 64,0
» Tricotseide . .	» 60,6	» Flanellwolle . .	» 57,0.

Die Wasserverdunstung wird natürlich in diesen Versuchen wegen der Höhe der Temperatur des Leslie'schen Würfels eine sehr grosse; ein Vergleich mit anderen Experimenten bei anderer Temperatur des Leslie'schen Würfels lässt sich aber nicht durchführen, da die Temperatur des Wasser verdunstenden

Stoffes sicherlich eine wesentlich niedrigere war, als sie das Wasser des Würfels hatte. An sich betrachtet, hat aber die Bestimmung des verdampfenden Wassers doch einiges Interesse, weil hier Stoffe verschiedener Gewebe, aber gleicher Dicke, zur Anwendung kamen.

Es betrug die Wasseraufnahme:

	Auf 1000 g trocken	Temperat.-Diff. zwischen Würfel u. Luft	Die Verdunstung pro Min. (pro 201 qcm) [1]
Bei Leinen	1881	81°	1,84 g
» Shirting	1191		1,87 »
» Seidetricot	5250	82	1,64
» Wolltricot	4209	83	1,46
» Flanell	3210	82	1,15
» Baumwolltricot	857	81	1,26.

Da späterhin die Gründe ungleicher Verdampfung noch erörtert werden sollen, gehe ich auf die Ergebnisse hier nicht näher ein.

Diese Verdunstungszahlen sind vermuthlich Maximalwerthe oder nähern sich solchen, obschon ich nicht bestreiten möchte, dass bei grosser Luftgeschwindigkeit ähnliche Wärmeverluste durch Verdunstung vorkommen mögen, wenigstens für kurze Zeit.

Schätzungsweise hat der Wärmeverlust pro 1 qm und pro Stunde 2060 bis 3350 Cal. betragen, was etwa 7 bis 10 Mal so viel ausmacht, als die befeuchteten Stoffe in derselben Zeit durch Strahlung und Luftberührung verloren haben mögen. Die hohe Temperatur der verdunstenden Fläche, die zwar niedriger steht, als die Temperatur des Leslie'schen Würfels, gibt ausreichend eine Erklärung für die Grösse der Verdunstung. Sie ist so mächtig, dass z. B. selbst die Temperatur einer durchfeuchteten Lage Baumwollenstoffes stets herabgedrückt wird. Die Ausstrahlung eines derart befeuchteten Stoffes beträgt meist nur 5 bis 6% mehr als die des trockenen Stoffes, während sie doch erheblich grösser sein sollte.

1) Betreffs des Einflusses der Eigenart der Stoffe auf die Verdunstung siehe später.

Wenn man die Versuche mit benetzten Stoffen bei niedriger Temperatur des Leslie'schen Würfels anstellt, so zeigt die Wärmestrahlung wesentlich andere Verhältnisse. Die weniger stürmische Verdampfung lässt die Wärmeentziehung von der Begrenzungsfläche geringer werden; je nach dem Wärmeleitungsvermögen, der Dicke des Stoffes und den specifischen Bedingungen der Verdunstung kann der Wärmeverlust so weit sinken, dass die durch die eintretende Benetzung vermehrte Ausstrahlung nach der Thermosäule (Aenderung der Strahlungsconstante) durch die Temperaturerniedrigung der ausstrahlenden Fläche nicht so weit herabgedrückt wird, um die Ausstrahlung des feuchten Stoffes unter jene eines trockenen Stoffes sinken zu lassen. Treffende Beispiele hierfür geben die folgenden Versuchsreihen, die im allgemeinen genau wie die früher mitgetheilten angeordnet sind.

Tabelle III.
Wollflanell (Luft 45% Feuchtigkeit).

Stoff	Zeit in Min.	Ausstrahlg. in ° des Galvanom.	Leslie [1])
Trocken	0	71,0	48°
Feucht	0	43,0	48
»	3	44,0	48
»	6	47,0	48,5
»	9	47,0	48,0

Tabelle IV.
Glatte Baumwolle (45% Luftfeucht.).

Stoff	Zeit in Min.	Ausstrahlg. in ° des Galvanom.	Leslie [1])
Trocken	0	66,5	49
Feucht	0	75,0	50
»	3	73,0	—
»	6	71,0	49
»	9	63,0	49
»	12	65,0	50

Der Wollflanell wog 4,4 g trocken, 9,1 g feucht, hat also auf 1000 Thl. trocken 1069 Thl. Wasser (9,0 Vol. Luft, 9,6 Vol. Wasser[2]), 81.4 Luft); er verdunstet in 1 Min. 0,168 g Wasser und enthielt zu Ende des Versuches noch 2,7 g.

Die glatte Baumwolle (dieselbe Dicke wie der Flanell) wog 15,9 trocken, 26,1 feucht, hat also 10,2 g Wasser aufgenommen, enthielt nach dem Versuch noch 4,9 g davon. Die innere, am Würfel gelegene Parthie war fast ganz trocken. Auf 1000 Thl.

1) Säule 21°.
2) 7,92 Vol. im Mittel für den ganzen Versuch.

trockenen Stoffs waren im Mittel 477 Thl. Wasser vorhanden (18,5 Vol. fester Stoff[1]), 23,0 Wasser, 58,5 Luft). Es verdunstete in 1 Minute 0,331 Wasser.

Die absolute Grösse der Wärmestrahlung benetzter Stoffe kann kleiner, ebenso gross und auch grösser sein als die von trockenen Stoffen; es entscheidet darüber das Verhältnis der Grösse der Verdunstung, daneben kommt aber auch der Grad der Wasserbenetzung, in welchem ein Stoff sich befindet, in Frage.

b) Verdunstung.

Den wesentlichen Einfluss, welchen die Verdunstung auf die Art und Grösse der Wärmeabgabe nehmen kann, haben die Experimente geschildert. Wir haben die Frage unentschieden gelassen, ob die Gewebe eine specifische Einwirkung auf die Art der Verdunstung üben; es ist dies vielfach behauptet worden. Auch aus meinen Versuchen liessen sich anscheinend Beispiele für ein derartiges Verhalten finden[2]). Ich halte mich jedoch nicht zu derartigen Schlüssen für berechtigt.

Ich habe schon vor Jahren die Beobachtung gemacht, dass die Verdunstung von ganz gleich gewebten Stoffen ungleicher Grundsubstanz gar keine so grossen Unterschiede zeigt, als man nach den sonst gemachten Annahmen voraussetzen zu dürfen glaubte. Dieser Umstand ist zugleich der Anstoss geworden, der auch dieser Frage im allgemeinen mich näher führte. Ich beabsichtige durchaus nicht, für alle Specialfälle durch die nachstehenden Experimente die Verdunstung von Geweben zu bestimmen, aber die allgemeinen Grundzüge darzulegen, soll versucht werden; ich würde es als einen besonderen Erfolg ansehen, wenn es gelänge, Untersuchungen nach dieser Richtung in Zukunft einen zweckmässigen Weg zuweisen.

Wie ich schon Eingangs dieses Capitels erwähnt habe, hat man mehrfach Angaben über die Wasserverdunstung gemacht; v. Pettenkofer hat zuerst auf Ungleichheiten in der

1) Spec. Gewicht 0,480.

2) Siehe S. 82.

Verdunstung von Flanell und gewöhnlicher Leinwand aufmerksam gemacht. Er fand, dass von Leinwand mehr verdunstete, als von der gleichen Fläche Flanell. Man hat in der Folgezeit viele solcher Beobachtungen angestellt, es haben sich aber keinerlei gesetzmässige Beziehungen für die Verdunstung gefunden. Man hat auch häufig die grosse und kleine Wasserabgabe als Ausdruck einer specifischen Wirkung der Grundstoffe, aus dem ein Gewebe hergestellt war, angesehen[1]).

Ich habe eine Reihe von Experimenten ausgeführt, welche sich zum Ziele setzten, die näheren Ursachen für die Verdunstung, soweit die Stoffe selbst dabei betheiligt sein mögen, aufzudecken, und es ist mir in ausserordentlich einfacher Weise geglückt, einige allgemeine Grundsätze, nach denen die Verdunstung sich regelt, aufzufinden.

Ich setze voraus, die äusseren Bedingungen der Verdampfung seien dieselben und werde auf den Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf die Verdunstung in diesen Publikationen nicht näher eingehen.

Zu den Experimenten bin ich von Stoffen bekannter Zusammensetzung ausgegangen, die Dicke, specifisches Gewicht der Stoffe, Luftgehalt waren bekannt. Derartige Gewebe befeuchtete ich mit bestimmten Wassermengen. Die Stoffe wurden erst ganz nass gemacht und dann mechanisch so lange ausgepresst, bis sie den von mir gewünschten Wassergehalt hatten. Man presst am besten zwischen gutem Filtrir-, bezw. Löschpapier aus, mit der Hand oder mit dem Fuss. Das Wasser ist unter Umständen nur schwer zu entfernen.

Die Stoffe, von bekannter Fläche — alle gleicher Grösse — hing ich in ruhender Luft bei 24° Temperatur und 50 % relativer Feuchtigkeit auf. Sie hingen frei, hatten demnach zwei Verdunstungsflächen (= 714 qcm im ganzen). Die Verdunstung wurde je nach der Menge des Vorrathswassers in den Stoffen alle 15 Minuten oder alle 30 Minuten durch Wiegen verfolgt. Drei Serien wurden an einem Wollflanell ausgeführt, dessen

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. I, S. 180.

Proben drei verschiedene Wasserzusätze erhalten hatten. Zwei Serien sind an einem feinen glattgewebten Wollstoff (Kaschmir), 0,53 mm dick, an feiner Seide, 0,29 mm dick, und an feinem Batist, 0,19 mm dick, durchgeführt worden.

Als Wassergehalt der Stoffe habe ich den Mittelwerth, d. h. den Wassergehalt zu Anfang und zu Ende einer Beobachtungszeit, in Rechnung gezogen. Eine Veränderung ihrer Grösse haben die Stoffe durch die Feuchtigkeit nicht erlitten.

Tabelle V.

Stoff	Volumen		Luft	Verdunstung pro 1 qm Fläche und 1 Stunde in g
	feste Subst.	Wasser		
Flanell	9	15,0	76,0	73,1
»	9	7,3	83,7	68,9
»	9	3,7	87,3	61,3
»	9	11,7	79,3	74,6
»	9	4,7	86,3	68,5
»	9	2,4	88,6	50,8
»	9	9,6	81,4	64,7
»	9	3,0	88,4	60,5
»	9	1,1	89,9	32,2
Kaschmir	20,7	10,0	69,3	67,2
Seide	30,7	23,0	46,3	72,8
Batist	26,7	33,2	40,1	72,8
Kaschmir	20,7	4,6	74,7	65,8
Seide	30,7	8,3	61,0	60,5
Batist	26,7	12,9	60,4	54,6

Die Luft hatte 24 °, die relative Feuchtigkeit war 50 %, der Barometerdruck 759 mm.

Die Zusammenstellung zeigt, dass die Verdunstung in den einzelnen Experimenten eine ganz ungleiche war und dass sie um 100 % und darüber schwanken kann. Bei einer und der nämlichen Grundsubstanz, z. B. Flanell, können solche Schwankungen vorkommen. Schon diese Experimente lassen erkennen, dass alle bisherigen Vergleichungen irgend welcher benetzter Stoffe hinsichtlich ihrer Verdunstung zu richtigen Resultaten nicht haben führen können. Die

Verdunstung hängt eben ausser von der Temperatur, relativer Feuchtigkeit und Einflüssen der Grundsubstanz noch von anderen Bedingungen ab. Welcher Art diese sind, erkennt man, wenn man die Tabelle 5 in anderer Weise zusammenstellt. Ich habe sie in Folgendem nach dem Volumen des im Stoffe eingeschlossenen Wassers geordnet.

Tabelle VI.

Versuche, geordnet nach dem Volumengehalt an Wasser.

Nr.	Stoff	Volume		Verdunstet pro 1 qm Fläche je 1 Stunde in g
		Wasser	Luft	
1	Flanell	1,1	89,9	32,2
2	»	2,4	88,6	50,8
3	»	3,0	88,4	60,5
4	»	3,7	87,3	61,3
5	Kaschmir	4,6	74,7	65,8
6	Flanell	4,7	86,3	68,5
7	»	7,3	83,7	68,9
8	Seide	8,3	61,0	60,5
9	Flanell	9,6	81,4	64,7
10	Kaschmir	10,0	69,3	67,2
11	Flanell	11,7	79,3	74,6
12	Batist	12,9	60,4	54,6
13	Flanell	15,0	76,0	73,1
14	Seide	23,0	46,3	72,8
15	Batist	33,2	40,1	72,8

Die Zahlen lehren:

Die Verdunstungsgrösse ist abhängig von der Menge des in einem Stoff enthaltenen Wassers. Macht das Wasservolum nur wenige Procente des Gesammtvolums aus, so verdunstet wenig Wasser, mit steigender Volumzahl immer mehr. Es bedingt also nicht, wie man vielleicht erwarten konnte, das Leer- und Freibleiben der Poren bei kleiner Wasserfüllung eine lebhafte Verdunstung, obschon natürlich dieser Umstand unzweifelhaft seinen Einfluss geltend machen wird. Solche Wirkung der leichteren Lüftung mag vielleicht bei Nr. 5 und 6 sich geltend gemacht haben oder zwischen 10 und 11; sie tritt

aber ganz wesentlich zurück gegenüber dem generellen Einfluss der Verdunstungsmehrung durch erhöhte Wasseraufnahme.

Die Ursache geringer Verdunstung bei niedriger Wasserfüllung suche ich in einer Attraction zwischen fester Substanz und Wasser, die sich in erhöhtem Grade geltend machen wird, je weniger Wasser im Verhältnis zu Stoff gegeben ist. Vielleicht wirkt auch der Umstand mit, dass manche Wassserantheile in kleinsten Capillaren eingeschlossen sein mögen. Das hygroskopische Wasser kommt, wie ich bemerke, für die von mir mitgetheilten Zahlen nicht in Betracht; die Wasserfüllung überschritt diese Grenze hygroskopischer Wasseraufnahme erheblich.

Die specifischen Verschiedenheiten in der Wasserverdunstung verschiedener Gewebe und verschiedener Grundstoffe sind nicht bedeutend, wie man sieht. Versuche 7 bis 9 und 11 bis 13 scheinen darzuthun, dass glatte Seide und glatte Baumwolle sogar etwas weniger verdunstet haben als der Wollstoff, was meines Erachtens dadurch erklärlich erscheint, dass diese Grundstoffe ein weit grösseres Anziehungsvermögen zu Wasser besitzen als die Wolle. Es lassen sich, wie meine Versuche beweisen, nur Studien über die Verdunstung machen, wenn man den Aufbau der Gewebe genauer kennt; das ist bei den früheren Experimenten nie der Fall gewesen.

Somit gelangen wir hinsichtlich der Verdunstung zu einfachen und allgemein verwendbaren Grundsätzen.

Die Natur des Wasser abgebenden Stoffes steht in zweiter Linie, in erster dagegen der Grad der Porenfüllung mit Wasser; da dieser sich nach meiner Methode leicht feststellen lässt, hat man immer eine Handhabe für das richtige Experimentiren.

Auf Grund meiner Ergebnisse ist auch leicht verständlich, warum man bei Vergleich von Leinwand und Flanell bei ersterer eine grössere Verdunstung in der Zeiteinheit gefunden hat wie bei letzterer. Wenn man Leinwand und Flanell benetzt und dann mit der Hand ausdrückt, erhält man bei Leinwand nahezu alle Poren mit Wasser gefüllt, bei Flanell wird aber nur $^1/_3$ der

allerdings von Anfang an reichlicher vorhandenen Luft verdrängt; er enthält weniger Volume an Wasser als gewöhnliche Leinwand bei minimalster Wassercapacität.

Man hat gemeint, das intensive Kältegefühl, welches man in nassgewordener Leinwand empfindet, darauf zurückführen zu müssen, dass eben Leinwand rascher den Wasserdampf abgebe als Wolle. Bei dieser Deutung kann man meines Erachtens nicht stehen bleiben. Es hängt dies Kältegefühl nicht mit der Grundsubstanz: Wolle — Leinwand, sondern mit anderen Umständen mit der Waserfüllung, aber auch mit anderen Eigenthümlichkeiten wie z. B. mit dem Nachlass an Elasticität im benetzten Zustande zusammen. Während Wolle (Kaschmir) im benetzten Zustand gar keine Verminderung gegenüber der trockenen zeigt, nimmt bei Seide (glatt gewebt), noch mehr bei Batist, die Dicke ganz erheblich ab.

Die Zeitdauer innerhalb der die Verdunstung erledigt ist, wird je nach der Webweise, d. h. Dichte der Stoffe verschieden sein müssen. Je dichter ein Stoff ist, um so mehr überwiegt das Attractionsvermögen für Wasser (auf Volume gerechnet). Solche Stoffe müssen also sehr lange Zeit hindurch sich feucht erhalten. Ein solcher Unterschied besteht z. B. zwischen den glatt gewebten Stoffen und den Flanellen.

Ein allzulangsames Verdunsten ist aber keine rationelle Eigenschaft eines Bekleidungsstoffs, weil dann das Wasser einer Kleidung für solche Zeiten, wo es überhaupt an Überproduction an Wärme fehlt, zurückgehalten wird.

Geht man von dem »Wasservorrath« der Stoffe aus und berechnet darauf den procentischen Verlust, so findet man fortschreitend mit der Dauer der Verdunstung immer grössere Procent-Antheile zu Verlust gehend, wie von vorneherein zu erwarten steht. Es dürfte daher kein Interesse haben, diese Werthe noch hier mitzutheilen.

Wie aus dem Dargelegten zur Genüge hervorgeht, gewinnt die minimalste Wassercapacität, deren Grösse für das Leitungsvermögen von Bedeutung ist, auch hinsichtlich der Verdunstung das allerwesentlichste Interesse; sie ist

für die Grösse und Wasserverdunstung hauptsächlich mit bestimmend.

Wir haben früher einen Versuch berichtet, der in recht sinnenfälliger Weise uns darlegt, inwieweit durch die Aufnahme von Wasser die Wärmeleitung zunimmt. Wir haben gesehen, dass die Menge des aufgenommenen Wassers von Bedeutung für den Wärmedurchgang ist. Daraus folgt auch etwas sehr Wichtiges für die Wasserverdunstung, nämlich, dass eine Vergleichung verschiedenartigen Materials nicht allein von gleicher Anordnung der Grundmaterialien, sondern auch von gleicher Wasserfüllung ausgehen muss, wenn ein Vergleich auf die specifische Wirksamkeit angestellt werden soll. Dieser Gesichtspunkt wird namentlich dort, wo dickere Schichten benetzter Stoffe in Frage kommen, eine hervorragende Bedeutung besitzen.

Neben der Luftbewegung hat die Höhe der Temperatur des Feuchtigkeit abgebenden Gegenstandes den wesentlichsten Einfluss auf die Verdunstung. Da bisher ein Anhaltspunkt zur Beurtheilung des letzteren Moments nicht vorliegt, so habe ich an glatt gewebter Leinwand einige Experimente angestellt. Will man den Einfluss der Temperatur prüfen, so muss man sicher sein, dass das betreffende Stoffstück nicht zu dick sei, es soll aber trotzdem reichlich Wasser enthalten, damit der Wasservorrath durch die Verdunstung nicht zu rasch verändert werde und die Verdunstung beeinflusst. Beiden Bedingungen entsprach Leinen in zureichendem Maasse.

Die Leinenstücke wurden auf den bei bestimmter Temperatur gehaltenen Soxhlet'schen Schnelltrockenschrank gelegt und nach bestimmter Zeit weggenommen. Die einzelnen Angaben enthält Tabelle VII S. 91.

Die Trocknung erfolgte demnach bei verschiedener Temperatur sehr ungleich; obschon wir nur bis 60° probten, ergaben sich Differenzen um das Fünffache. Darüber hinaus dürfte die Verdunstung bereits erheblich die Temperatur der ausstrahlenden Fläche beeinflussen.

Tabelle VII.

Luft-Temp.	Temp. d. Soxhlet-Trocken-schranks	Stoff trock.	Stoff benetzt	Trockenzeit Min.	Stoff nach dem Versuch	Wasser-abgabe im Ganzen	Wasser-abgabe in 1 Minute	Mittel pro 1 Min.
21,0	66°	3,20	5,65	10'	3,46	2,19	0,219	0,220
21,0	66	3,14	5,45	10	3,25	2,20	0,220	
21,6	60	3,2	5,65	10	3,67	1,98	0,198	0,195
21,6	60	3,14	5,51	10	3,50	1,93	0,193	
21,0	40	3,20	5,75	20	4,19	1,56	0,078	0,079
21,0	40	3,14	5,65	20	4,05	1,60	0,080	
21,6	40	3,20	5,74	15	4,40	1,34	0,084	0,085
21,6	40	3,14	5,65	15	4,32	1,33	0,086	
21,6	30	3,20	5,67	30	4,42	1,25	0,041	0,041
21,6	30	3,14	5,55	30	4,39	1,16	0,039	
21,0	30	3,10	5,50	30	4,20	1,30	0,043	
21,0	30	3,10	5,50	30	4,20	1,30	0,043	

Eine Übersicht gibt die nachfolgende kleinere Tabelle mit Mittelzahlen.

Tabelle VIII.

Luft 21—21,6° bei 45% relat. Feuchtigkeit.

Temp. des Trocken-schranks	Verdunstet pro 1 Minute	Relative Zahl
30°	0,041	1,0
40	0,082	2,0
60	0,195	4,7
66	0,220	5,4

Stefan [1]) hat 1873 bei Messung über die Verdampfung in vertikal stehenden Röhren gefunden, dass diese unabhängig vom Durchmesser der Röhre, dagegen abhängig von dem Abstand der Flüssigkeits-Oberfläche dem offenen Ende der Röhre, und diesem verkehrtproportional sei. Was die Abhängigkeit von der Temperatur

1) Lehmann, Molekularphysik, Bd. II, S. 142.

anlangt, so fand er, dass die Verdunstung proportional wachse wie $\log \frac{P}{P-p}$ worin $P =$ dem Luftdruck und $p =$ dem der Beobachtungs-Temperatur entsprechenden Sättigungsdruck; für 100° wird $p = P$ und der Logarithmus ∞.

Auf den vorliegenden Fall angewandt, würden sich die Logarithmen: 0,01808, 0,03262, 0,09477, 0,12953 ergeben. Sie verhalten sich wie 1 : 1,8 : 5,2 : 7,2. Der Gang der Verdunstung an den Leinenflecken weicht nicht erheblich von dieser Forderung ab. Der letzte Wert bei 66° kann vielleicht durch die Verdunstungskälte wie sie der mächtigen Wasserabgabe entspricht, beeinflusst gewesen sein. Es wird im einzelnen noch zu prüfen sein, ob das Stefan'sche Verdunstungsgesetz überall die Geltung hat, welche es für den vorliegenden Fall allem Anschein nach besitzt.

c) Vertheilung der Feuchtigkeit in der Kleidung.

In der Kleidung ist das Wasser durchaus nicht immer gleichmässig vertheilt; die Einlagerung selbst trifft häufig nur bestimmte Lagen, eine oberflächliche bei leichter Regenbenetzung, tiefere bei der Schweissbenetzung. Aber auch wenn von Anfang an alle Schichten gleichmässig benetzt waren, hält sich dieser Zustand nicht auf gleichem Bestand oder in gleichartiger Änderung in allen Schichten, sondern es treten bestimmte gesetzmässige Änderungen auf, von denen ich nur einige, um die Möglichkeiten zu zeigen, hier berühren will.

Ich gehe zuerst an die Betrachtung der vollkommenen Durchnetzung der Kleidungsschichten.

Auf den Soxhlet'schen Schnelltrockenapparat werden bei 52,5° Temperatur fünf feuchte Lagen von Flanell gebracht. Die Lufttemperatur ist 22,5—23,2° C. und die Feuchtigkeit 45—50%.

Die Wollflanellstücke waren so geschnitten, dass sie lufttrocken 1,8 g wogen. Ihre Dicke war 8,5 mm im Ganzen, und die Gesammtoberfläche (Oberfläche + Seitenflächen) war 89,3 qcm, der Cubikinhalt = 60,2 ccm. Die trockenen Flanelle hatten 10,7 Vol. feste Substanz und 89,3 Vol. Luft.

Nachdem die Stücke, auf einander liegend, 15 Minuten auf dem Trockenschrank sich befanden, wurden sie gewogen; die Wiegezeit ist ausser Rechnung gelassen.

Die Gewichte waren:

	Anfang	nach 15 Min.	nach 30 Min.	nach 45 Min.
Lage 1.	4,2	3,10	2,81	1,85
» 2.	3,96	3,90	3,84	3,34
» 3.	3,86	3,82	3,76	3,70
» 4.	4,20	4,16	4,10	4,05
» 5.	4,32	4,12	3,92	3,66.

Im Mittel (Anfang- und Endzustand berechnet) enthielten die Stücke an Wasser:

	0—15 Min.	15—30 Min.	30—45 Min.
Lage 1.	3,65	2,60	2,00
» 2.	3,93	3,87	3,60
» 3.	3,84	3.80	3,73
» 4.	4,18	4,13	4,07
» 5.	4,22	4,01	3,79.

Daraus berechnet sich für 1 g Trockengewicht an Wasserzuwachs in Gramm:

	0—15 Min.	15—30 Min.	30—45 Min.
Lage 1.	1,28	0,44	0,11
» 2.	1,17	1,15	1,00
» 3.	1,13	1,11	1,06
» 4.	1,32	1,29	1,25
» 5.	1,35	1,23	1,11.

Da ich von dem Flanelle die Menge der in der Raumeinheit vorhandenen festen Substanz kenne = 0,14 g per 1 ccm, so gibt diese Zahl mit den auf 1 g Trockengewicht treffenden Wasserzuwachs die Raumtheile des Wassers. Aus dem Raumtheil fester Substanz + Raumtheil Wasser ergibt sich, nach Abzug dieser Summe von 100 der Luftgehalt.

Es dürfte daher folgende Tabelle, welche den in jeder Trocknungsperiode vorhandenen Luft- und Wasserraumtheil angibt, wohl verständlich sein:

Tabelle IX.

Wasservertheilung in trocknendem Flanell.

Zeit	1. Lage		2. Lage		3. Lage		4. Lage		5. Lage	
	W.	L.	W	L.	W.	L.	W.	L.	W.	L.
0—15′	17,9	71,4	16,4	73,0	15,8	73,5	18,5	70,9	18,9	70,4
15—20	6,1	83,2	16,1	73,2	16,5	72,8	18,1	71,2	17,2	72,1
30—45	1,5	87,8	14,0	75,3	14,8	74,5	17,5	71,8	15,5	73,8
Differenz	—16,4	+16,4	-2,4		—1,0		—1,0		-3,4	

Der Flanell trocknet also, wie die Zahlen zeigen, von den wärmeren nach den kühleren Stellen zu; in der ersteren Trocknungsperiode haben die verschiedenen Lagen noch einen sehr ähnlichen Wasser- und Luftgehalt. Aber schon in der zweiten Trocknungsperiode hat die an der wärmeren Begrenzungsfläche belegene Schicht einen starken Vorsprung erreicht. Sie führt nur mehr 6 Raumtheile Wasser, statt 17,9 der Vorperiode und an Stelle des Wassers ist ebenso viel Luft in den Stoff eingewandert. Die 2. bis 4. Lage haben sich wenig verändert. Die 5., mit der Luft in Berührung stehende Lage aber zeigt eine Verminderung des Wassergehalts und Mehrung des Luftgehaltes.

In der 3. Trocknungsperiode hat die erste Lage ihr Wasser fast ganz eingebüsst, sie ist offenbar lufttrocken geworden. Nunmehr beginnt die 2. Lage sich auch erheblich zu entwässern, während die 3. und 4. Lage in einem annähernden Beharrungszustand bleiben; Lage 5 trocknet aber schneller als 3 und 4.

Ein entsprechender Versuch wurde auch mit gewöhnlicher Leinwand angestellt. Im Ganzen kamen 12 Lagen von 9,5 mm Dicke zur Verwendung; je 2 derselben wurden gemeinsam gewogen und befeuchtet. Da die Trocknung langsamer vor sich ging wie bei Flanell, dehnte ich den Versuch auf 5/4 Stunden aus. Der Soxhlet'sche Apparat hatte 51°, die Luft 22,4°, bei 45—50° relativer Feuchtigkeit.

Folgendes waren die Resultate:

Lage	trocken	nass	nach 15 Min.	nach 30 Min.	nach 45 Min.	nach 60 Min.	nach 75 Min.
1 und 2	6,38	10,8	10,35	9,75	8,30	7,12	6,65
3 » 4	6,25	10,62	10,15	9,74	9,45	9,25	8,55
5 » 6	6,23	10,57	10,20	9,82	9,63	9,55	9,45
7 » 8	6,20	10,62	10,30	9,93	9,80	9,70	9,65
9 » 10	6,13	10,44	10,05	9,75	9,62	9,55	9,45
11 » 12	6,10	10,42	10,07	9,80	9,62	9,45	9,20.

Zum Vergleich mit Flanell sollen die drei ersten Reihen der weiteren Berechnung unterzogen werden. Im Mittel enthielten die Stücke an Wasser:

Lage	15 Min.	30 Min.	45 Min.
1—2	4,19	4,12	2,67
3—4	4,13	3,07	3,34
5—6	4,13	3,78	3,49
7—8	4,26	3,90	3,60
9—10	4,11	3,77	3,55
11—12	4,14	3,80	3,61.

Daraus berechnet sich für 1 g Trockengewicht an Wasserzuwachs in Gramm.

Lage	0—15 Min.	15—30 Min.	30—45 Min.
1—2	0,65	0,64	0,42
3—4	0,66	0,59	0,53
5—6	0,66	0,60	0,56
7—8	0,68	0,63	0,58
9—10	0,67	0,61	0,58
11—12	0,67	0,62	0,59.

Mit Hülfe dieser Zahlen kann in der bei Betrachtung des Versuchs mit Flanell näher angegebenen Weise die Wasser-, Stoff- und Luftvertheilung berechnet werden; die Ergebnisse führt die Tabelle X S. 96 auf.

Die ungleichen Temperaturen an den Begrenzungsflächen von Kleidungsstoffen, welche durchnässt einem warmen Körper aufliegen, führen also nothwendig zu einer ungleichen Wasservertheilung in den Geweben.

Tabelle X.
Wasservertheilung in trocknendem Leinen.

Zeit	1.—2. Lage		3.—4. Lage		5.—6. Lage		7.—8. Lage		9.—10. Lage		11.—12. Lage	
	W.	L.	W.	L.	W.	L.	W.	L.	W.	L.	W.	L.
0—15'	28,3	28,1	28,8	27,6	28,8	27,6	29,6	26,8	29,8	26,6	29,8	26,6
15—30	27,9	28,5	25,7	30,7	26,2	30,2	27,4	29,0	26,6	29,8	27,0	29,4
30—45	18,3	38,1	23,1	33,3	24,4	32,0	25,3	31,1	25,3	31,1	25,7	30,7
Differenz	10,0	—	5,7	—	4,4	—	4,3	—	4,5	—	4,1	—

Das Wasser geht nach den kühleren Theilen, was für den Organismus den Vortheil hat, dass er bald von einer trockenen Kleidungsschicht umgeben wird. So ist also in jeder Zeiteinheit das Verhältnis von Wasser, Stoff, Luft in den Kleidern anders und die Wärmeleitungsconstanten machen beständige Aenderungen durch.

Stellt man aus beiden Versuchsreihen die Verdunstungsgrössen zusammen, so können diese beiden wieder zur Bestätigung des bereits früher S. 86 Gesagten über die Trocknung in Abhängigkeit von der Webart und dem physikalischen Aufbau der Stoffe dienen. Es zeigt sich:

Trocknung bei 51° des Trockenschrankes: Luft 23,6, Feuchtigkeit 45%.

Leinen: 9,5 mm dicke Schicht.

Raumtheile Wasser im Mittel	Verdunstet in 1 Stunde. pro 1 qm
38,0	905
34,5	896
30,9	913
27,9	693
25,8	643.

Bei Flanell 8,5 mm dicke Schicht. 52—53° Temperatur des Trockenschrankes, 23,6 Lufttemperatur und 45% Feuchtigkeit.

Raumtheile Wasser im Mittel	Verdunstet in 1 Stunde. pro 1 qm
17,9	645
15,4	618
13,4	497

Die Kleidung besteht nicht immer aus homogenen Schichten von Stoffen; Gewebe einzelner Grundstoffe wechseln, auch verschiedenartige Webeweisen lösen sich ab.

Benetzbarkeit und Luftdurchgängigkeit, Porenfüllung kann sonach sehr ungleich sein. Um diesen Einfluss ungleicher Stoffe auf den Gang der Verdunstung kennen zu lernen, habe ich Flanell und Leinen combinirt verwendet. Beide wurden benetzt, das eine Mal Leinen, das andere Mal Flanell oben aufgelegt. Die beiden Stoffe lagerten auf einer erwärmten Kupferplatte.

Auf den bei 46,5° gehaltenen Trockenschrank wurde bei 23,6° Lufttemperatur und 50% Feuchtigkeit je ein Flanell- und Leinenstück benetzt aufgelegt.

Bei Flanell, oben liegend, ergaben sich folgende Zahlen:

Flanell trocken = 1,8 g, nass = 3,95; Leinen = 1,45 trocken, 2,52 feucht. Beide feucht, also 6,47 g.

Nach je 15 Minuten langem Trocknen (die Wiegezeit abgerechnet) fand sich

	15'	30'	45'
Flanell	3,34	2,85	2,28
Leinen	1,60	1,47	1,36
Summe	4,94	4,32	3,64

Die Trocknung geht vor sich, am lebhaftesten in dem Flanell, weniger rasch in dem darunter liegenden Leinen.

Der analoge Versuch, Leinen oben aufgelegt, ergab:

Flanell trocken 1,8 g, nass 3,95; Leinen trocken 1,50, nass 2,80. Summe = 6,75.

Nach je 15 Minuten langem Trocknen fand sich:

	15'	30'	45'
Flanell	2,96	2,31	1,85
Leinen	2,47	2,27	1,88
Summe	5,43	4,58	3,73

	15'	30'	45'
Gewicht der feuchten Stoffe, Leinen obenauf	5,43	4,58	3,73
» » » » Flanell »	4,94	4,32	3,64
	0,49	0,26	0,09

Die Verdunstung wird also durch oben auf liegendes Leinen in allen Trocknungsperioden erheblich gehemmt. Poröse, für Luft auch in benetztem Zustande leicht durchgängliche Stoffe leiden hinsichtlich des Austrocknens sehr durch eine im benetzten Zustande impermeable Lage.

Von allen regelmässigen Durchnässungsarten, welche die Kleidung erfährt, ist die Schweissdurchnässung am bedeutendsten. Wenn der Schweiss in eine den Körper begrenzende Stofflage eintritt, so frägt es sich, wie dann die anderen darüber liegenden Stofflagen zu diesem Vorkommnis sich verhalten. Ich habe darüber für die beiden Stoffe, welche gewisse Grenztypen darstellen, Leinen und Flanell, einige Experimente angestellt.

Auf den bei bestimmter Temperatur gehaltenen Soxhlet'schen Trockenschrank werden mehrere Lagen gleichartiger Stoffe gebracht, und die der warmen Fläche anliegenden mit bekannten Wassermengen versehen. Von Zeit zu Zeit werden diese Stoffschichten gewogen, und auf diese Weise die Vertheilung des Wassers bestimmt.

Die Dicke aller Flanellstücke zusammengenommen war 8,5 mm. Der Trockenapparat hatte zu Anfang 53°, zu Ende 52° und die Lufttemperatur war 24,2° C., die relative Feuchtigkeit betrug 45—50%. Der benutzte Flanell enthielt im lufttrockenen Zustand bei 50—54% relativer Feuchtigkeit bereits 1,3 Raumtheile Wasser und würde bei 100% Feuchtigkeit noch 2 Raumtheile aufnehmen. 2 Volumprocentzunahme des lufttrockenen Flanells entsprechen also der Wasserdampfsättigung.

Leinen hat bei 50% etwa 0,7 Raumtheile Wasser; bei Sättigung der Luft 1,7; die Zunahme um 1 Raumtheil für 100 bedeutet also Sättigung mit hygroskopischem Wasser.

Legt man Flanell aus einem Raum von 50% relativer Feuchtigkeit in einen solchen von 100°, so nimmt er auf das 1,13fache an Gewicht zu, Leinen unter denselben Bedingungen auf das 1,07fache. (S. Tabelle XI auf S. 99.)

Die Luftcirculation ist bei dem Trocknen von benetzten Kleidungsstoffen von grossem Werth, weil dieselbe ein rasches Wandern der feuchten Schichten von der Wärme abgebenden

Fläche nach der kühlen äusseren Begrenzungsfläche befördert; die inneren Schichten trocknen also unter Umständen rascher als die äusseren, aber nur bei lebhafter Porenventilation. Fehlt letztere, so nimmt die Verdampfung allmählich den Weg von Aussen nach Innen.

Tabelle XI.

Das Trocknen feuchter Lagen unter trockenen Lagen. (Flanell).

Lage	trocken g	feucht g	15 Min.		30 Min.		45 Min.		60 Min.	
			Gew. feucht	Abn. oder Zun.	Gew. feucht	Abn. oder Zun.	Gew. feucht	Abn. oder Zun.	Gew. feucht	Abn. oder Zun.
1.	1,8	4,17	3,2	—0,97	2,37	—0,83	1,85	—0,42	1,84	—0,01
2.	1,78	4,01	3,8	—0,21	3,60	—0,20	3,26	—0,34	2,42	—0,84
3.	1,78	—	1,88	+0,10	1,90	+0,12	1,91	+0,12	1,92	+ 0,14
4.	1,80	—	1,86	+0,06	1,90	+ 0,10	1,90	+0,10	1,88	+ 0,08
5.	1,80	—	1,82	+0,02	1,84	+0,04	1,84	+0,04	1,85	+0,05

Neben der Luftcirculation können unter geeigneten Umständen capillare Wirkungen sich äussern und für die Wasserwanderung in Frage kommen.

Die über feuchtem Flanell befindlichen trockenen Lagen haben sich nicht direct mit Wasser benetzt, sondern nur eine Zunahme an hygroskopischem Wasser erfahren, die inneren Schichten mehr wie die äusseren. Aber alle Schichten sind um weniges verändert worden und fortschreitend mit der Zeit. In keinem Falle wurde so viel Feuchtigkeit aufgenommen, als zu erwarten gewesen wäre, wenn eine Wasserdampfsättigung sich ausgebildet hätte.

Die Luftcirculation gelangt bis in das Innere der Stoffe zu den durchfeuchteten heran und entführt diesen das Wasser. (S. Tabelle XII auf S. 100.)

Ein ganz gleichartig geordneter Versuch wurde dann mit Leinenstücken ausgeführt, von welchen 12 Lagen = 9,5 mm Dicke hatten. Da je 2 Lagen ungefähr so dick wie **eine** Lage Flanell sind, wurden 4 Lagen benetzt und 8 trocken gelassen. Das Verhalten des Wassers bei diesem Gewebe ist ein ganz anderes als beim Wollflanell. Die einzelnen Lagen wogen etwa 3,1 g trocken; haben sie sich mit Wasserdampf gesättigt, so

dürfen sie nur 3,3 g wiegen. Die den nassen anliegenden trockenen Lagen haben nicht nur sich mit hygroskopischem Wasser gesättigt, sondern noch mehr Wasser aufgenommen. Durchnässt ist sichtbar die 5. Lage, in den ersten 30 Minuten auch wohl noch die 6. Lage. Die übrigen Lagen haben nur eine Erhöhung ihres hygroskopischen Wassers erfahren, die aber beträchtlicher ist, als in den analogen Verhältnissen bei Wollflanell.

Tabelle XII.

Lage	trock.	feucht	15'		30'		45'		60'	
			Gewicht	Aenderung	Gewicht	Aenderung	Gewicht	Aenderung	Gewicht	Aenderung
1.	3,23	5,32	4,66	—0,66	3,64	—1,02	3,42	—0,22	3,35	—0,07
2.	3,15	5,25	4,71	—0,54	4,55	—0,16	3,95	—0,60	3,45	—0,50
3.	3,20	5,31	4,78	—0,53	4,67	—0,11	4,56	—0,11	4,15	—0,41
4.	3,05	5,01	4,56	—0,49	4,45	—0,11	4,34	—0,11	4,25	—0,09
5.	3,06	—	3,62	+0,52	3,60	+0,54	3,57	+0,51	3,57	+0,51
6.	3,17	—	3,32	+0,15	3,37	+0,20	3,39	+0,22	3,39	+0,22
7.	3,12	—	3,20	+0,07	3,24	+0,12	3,25	+0,13	3,25	+0,13
8.	3,08	—	3,15	+0,02	3,17	+0,09	3,19	+0,11	3,19	+0,11
9.	3,10	—	3,12	+0,02	3,15	+0,05	3,15	+0,05	3,15	+0,05
10.	3,03	—	3,05	+0,02	3,07	+0,04	3,07	+0,04	3,08	+0,05
11.	3,02	—	3,05	+0,03	3,08	+0,06	3,07	+0,05	3,08	+0,06
12.	3,08	—	3,10	+0,02	3,11	+0,03	3,12	+0,04	3,12	+0,04

Wir haben also damit einen Beweis für die schwankenden Feuchtigkeitszustände in der Kleidung erbracht; die einzelnen Theile können verschiedengradig benetzt sein und allmählich trifft man neben nassen Parthien Stofflagen, die sich mit dem Maximum hygroskopischer Feuchtigkeit beladen haben. Die Trocknung erfolgt am raschesten in der Nähe derjenigen Begrenzungsfläche, welche die wärmste ist. Zumeist wird dies die Hautfläche sein; bei Bescheinung durch die Sonne lässt sich aber wohl annehmen, dass auch der umgekehrte Weg, die Austrocknung von Aussen nach Innen, eingeschlagen wird.

Die Feuchtigkeit gibt also zu den allermannigfachsten Zuständen der Durchnetzung Veranlassung; fast jede Zeitperiode der Verdunstung setzt neue Bedingungen für den Wärmedurchgang und für die Art der Wärmeabgabe nach Aussen.

Ueber das Verschimmeln des Brotes.

Von

Dr. **A. Hebebrand.**

(Aus der amtlichen Untersuchungsstelle für Nahrungsmittel zu Marburg.)

Die Abhandlung von Dr. Eugen Welte »Ueber das Verschimmeln des Brotes« (diese Zeitschrift **1895**, S. 84) enthält über meine im Jahre **1892** in der Hygienischen Rundschau (S. 1057) veröffentlichte[1]), denselben Gegenstand behandelnde Arbeit eine Bemerkung, welche einer Richtigstellung bedarf.

Welte fand, dass der Stickstoffgehalt des Brotes durch Verschimmeln keine Einbusse erleidet, und bemerkt zu diesem Resultat Seite 92:

> «Dr. Hebebrand in Marburg hat ungefähr gleichzeitig mit mir ohne mein Wissen ähnliche Untersuchungen über Schimmelpilze angestellt und gezeigt, dass der Proteïngehalt des Brotes mit der Dauer der Schimmelvegetation sogar steigt. Er gibt für Proteïn und Zeit der Verschimmelung z. B. folgende Zahlen an:

Frisches Brod	7 Tage verschimmelt	14 Tage verschimmelt
11,29 %	12,9 %	14,55 %.

> Seine scheinbar von meinen abweichenden Resultate sind darauf zurückzuführen, dass er die Angaben auf 1 g verschimmelte und ich auf 1 g unverschimmelte Trockensubstanz

1) Vorläufig mitgetheilt von Prof. Dr. Dietrich in dem Bericht über die XI. Versammlung der »Freien Vereinigung bayr. Vertreter der angew. Chemie« in Regensburg, August 1892.

bezog. Wie unten gezeigt wird, gehen durch das Verschimmeln Kohlehydrate verloren, während, wie soeben bewiesen, der Stickstoff erhalten bleibt. — Die steigende Proteïnzunahme erklärt sich somit aus dem steigenden Verlust an Kohlehydraten und dem Uebrigbleiben der N-Verbindungen.»

Nach diesen Ausführungen von Welte könnte der Leser auf den Gedanken kommen, ich hätte die beobachtete Zunahme an Proteïn auf eine Neubildung desselben zurückgeführt und nicht beachtet, dass die Zunahme dem Verlust an Kohlehydraten zuzuschreiben ist. Bei einer genauen Durchsicht meiner Arbeit oder der vorläufigen Mittheilung von Prof. Dietrich hätte Welte zu dieser sonderbaren Ansicht nicht kommen können. Welte führt zum Vergleiche meine ersten Analysen an, welche gelegentlich eines Processes zu dem bestimmten Zwecke ausgeführt worden waren, zu constatiren, dass verschimmeltes Brot mehr Eiweiss enthält als unverschimmeltes. Auf Grund dieser Analysen wurden dann ausführliche Versuche angestellt und die Resultate derselben in 3 Tabellen niedergelegt, welche sowohl die relativen, als auch die absoluten Mengen der einzelnen Bestandtheile angeben. Aus diesen Zahlen hätte Welte ersehen können, dass der absolute Proteïngehalt des Brotes durch das Schimmeln nicht «sogar steigt», sondern etwas fällt. Ich bemerkte zu diesem Ergebnis (a. a. O. S. 1059):

> «Die Resultate der vorstehenden Analysen zeigen, dass in erster Linie die Kohlehydrate den Lebensprocess der Schimmelpilze unterhalten. Während die Hauptmenge der Kohlehydrate in Kohlensäure und Wasser übergeht, liefert ein kleiner Theil das Material zur Neubildung von Fett und Rohfaser. Durch die Zersetzung der Kohlehydrate wird der Gehalt an Rohproteïn indirect ein bedeutend höherer, dagegen zeigt ein Vergleich der für die frische Substanz berechneten Zahlen, dass ein geringer Verlust an Stickstoffsubstanz eingetreten ist. Es scheint demnach, als ob die Proteïnsubstanzen fast unverändert aus dem Substrat in den Pilzkörper übergingen. Eine nähere Untersuchung zeigt indes, dass ein bedeutender Theil des Stick-

stoffs nicht mehr in Form von Eiweiss vorhanden ist, sondern von Zersetzungsproducten desselben. Es fanden sich in den Proben der Versuche 2 und 3, auf frische und Trockensubstanz berechnet, in Procenten:

	Reines Brod		Verschimmeltes Brod	
	frisch	trocken	frisch	trocken
Rohproteïn	7,68	11,87	7,56	23,83
	7,36	12,60	7,10	15,62
Reinproteïn	7,18	11,09	6,14	19,35
	6,99	11,97	5,47	12,04
Amide u. s. w.	0,50	0,78	1,42	4,48
	0,37	0,63	1,63	3,58.

Bei einem Theile des Eiweisses hat demnach eine Sprengung des Moleküls stattgefunden unter Bildung stickstoffreicher Amine und Amide, während der stickstofffreie Theil des Eiweisses zur Fett- und Rohfaserbildung mit beigetragen haben mag.»

In Beachtung der in obiger Tabelle angegebenen Zahlen hätte Welte wohl nicht geschrieben« bei Hebebrand findet sich die kurze Angabe: «Amide im frischen Brot 0,7, im verschimmelten 1,5 %». Ich habe mich vergebens bemüht, diese «kurze Angabe» in meiner Arbeit zu finden.

Im Uebrigen bestätigt Welte meine Angaben über den Verlust an Trockensubstanz, über die starke Entwickelung von Kohlensäure und über die Nichtbildung von Alkohol und Ammoniak bei der Einwirkung von Penicillium glaucum auf Brot.

Die Fortsetzung meiner Arbeit, welche eine Zeit lang infolge meiner Berufsthätigkeit ruhen musste, habe ich vor Kurzem wieder aufgenommen. Ich hoffe, über die Resultate bald berichten zu können.

Bemerkung zu vorstehenden Ausführungen des Herrn Dr. Hebebrand.

Von

Dr. **Eugen Welte,**

z. Z. Assistent am städtischen Krankenhause in Nürnberg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Zu Herrn Dr. Hebebrands Ausführungen bemerke ich:

1. Ich bedaure, wenn die kurze Form meiner Darstellung einen Zweifel daran gelassen hat, dass die Thatsache der relativen Stickstoffzunahme im durch Penicillium glaucum verschimmelten Brot schon von Hebebrand durch Verzehren von Kohlehydraten richtig erklärt worden ist. Nirgends habe ich behauptet, dass Hebebrand eine absolute Proteïnzunahme gefunden, die berichtigenden Bemerkungen treffen mich nicht.

2. Die kurze Angabe »Amide im frischen Brot 0,7 im verschimmelten 1,5 %« steht allerdings nicht wörtlich bei Hebebrand. Sieht man aber von dem Versehen ab, dass ich für das unverschimmelte Brot die auf Trockensubstanz bezogene Zahl (0,7) statt der auf frische Substanz gerechneten 0,42 gesetzt habe, so deckt sich mein Citat mit der Wahrheit. Wirklich hat Hebebrand über die Bildung von Aminen und Amiden nur je zwei kurze Angaben gemacht, die ich ohne Hebebrand's Verdienste zu schmälern unter Bildung von Mittelwerten wohl in der gewählten Form glaubte citiren zu dürfen, da ich nicht in der Lage war, in diesem Theil der Frage etwas Neues zu bringen oder aus Hebebrand's Zahlen irgend etwas weiteres zu schliessen. Ich citirte blos Hebebrand's kurze Angaben in seinem Sinne — einer ziemlich reichlichen Bildung von Aminen- und Amidosubstanzen aus Eiweiss.

Ueber die Beziehungen der Leucocyten zur bactericiden Wirkung des Blutes.

Von

Dr. **Martin Hahn,**

Assistent am hygienischen Institut zu München.

I. Einleitung. Bisherige Forschungsergebnisse.

Die bactericide Eigenschaft des Blutes und Blutserums darf heute als eine feststehende Thatsache angesehen werden. Die letzten Einwände, die gegen die keimtödtende Wirkung des Blutes erhoben wurden, dürfen jetzt als entkräftet gelten. Die ausführliche Literaturzusammenstellung, welche H. Buchner[1]) bis zum Jahre 1893 gegeben hat, lässt es als unnöthig erscheinen, die einzelnen Arbeiten der Autoren, welche für und wider in dieser Frage eingetreten sind, hier aufzuführen. Aus jüngster Zeit haben besonders die Untersuchungen Denys' und Kaisin's[2]) dazu gedient, in einzelnen Punkten die von den Gegnern der bactericiden Theorie erhobenen Einwürfe zu entkräften, indem sie wesentlich die von H. Buchner bereits früher erhaltenen Resultate bestätigten. Die genannten Autoren zeigten, dass nicht der rasche Wechsel des Nährmediums die Ursache sein kann, um derentwillen die in's Blut eingesäten Keime einer Vernichtung unterliegen: Der Bacillus coli stirbt ebenso schnell ab, wenn er von einer Blutcultur wieder in Blut übertragen wird, wie wenn er von Agarcultur in Blut ausgesät wird. Denys und Kaisin bewiesen, dass auch in der geringen Widerstandskraft eines Theiles der Mikroben nicht der Grund ihres Absterbens zu suchen

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVII, S. 112.

2) Extrait de la Revue »la Cellule« t. IX 2e fascicule.

sei. Es ist unzweifelhaft richtig, dass die bactericide Kraft des Serums ihre Grenzen hat, dass sie stets nur eine gewisse Zahl von Mikroben zu bewältigen vermag. Aber handelte es sich hier immer nur um die weniger resistenten Individuen, so müsste der Procentsatz der absterbenden Keime bei steigenden Aussaaten derselben Cultur immer der gleiche bleiben. Das ist aber, wie auch H. Buchner[1]) bewiesen hat, nicht der Fall. Die Zahl der getödteten Keime sinkt im Gegentheil, procentisch berechnet, je grössere Mengen davon ausgesät werden. Der Einwand, dass es den Bacterien im Blutserum an geeigneten Nahrungsstoffen fehle, ist eigentlich schon durch die Thatsache entkräftet, dass das auf 55% erwärmte Serum einen guten Nährboden für die meisten Mikroben bildet. Aber Denys und Kaisin haben ihn auch dadurch zu widerlegen gesucht, dass sie gute Bacteriennährstoffe dem aktiven Serum zusetzten: wie Pepton, Traubenzucker, Fleischextract; auch hierdurch wurde die bactericide Kraft des Blutserums nicht gemindert, auch in dem so günstig gestalteten Nährboden trat ein Absterben des Bacillus coli ein.

Wohl der schwerwiegendste Vorwurf, den man der Lehre von der bactericiden Wirkung des Blutserums gemacht hat, ist der, dass dieser Vorgang sich nur ausserhalb des Körpers abspiele, dass aber kein Beweis dafür erbracht sei, dass das Blut auch thatsächlich innerhalb des Organismus diese Wirksamkeit entfalte.

Denys und Kaisin haben nun bewiesen, dass, solange eine Milzbrandinfection noch local ist, die Activität des Blutes sich erhöht, dass sie sich erst vermindert, wenn die Infection eine allgemeine wird. Beim Hunde, dessen Blutserum normaler Weise gar keine oder nur sehr geringe bactericide Wirkung gegenüber den Milzbrandbacillen besitzt, tritt diese sogar erst auf, wenn man ihn mit Milzbrand inficirt; hier lässt also die Thierspecies ihre natürliche Widerstandsfähigkeit hervortreten, wenn der Organismus durch Bacterien bedroht ist und so erscheint der Ausdruck »Schlagfertigkeit«, den Denys und Kaisin hiefür

1) a. a. O.

gegeben haben, als ein glücklich gewählter. Damit ist zugleich der Einwurf, dass überhaupt kein Zusammenhang zwischen natürlicher Resistenz und der bactericiden Wirksamkeit des Blutes bestehe, widerlegt. Wenn somit auch die letzten Einwände entkräftet sind, welche gegen die bactericide Wirkung des Blutes erhoben wurden, so ist doch ein anderer Punkt, nämlich der, woher die bactericiden Stoffe stammen, durchaus noch nicht geklärt. Gerade diese Frage steht aber naturgemäss im Vordergrunde des Interesses; denn nur so kann man hoffen, eine künstliche Steigerung der natürlichen Resistenz zu bewirken und ferner auch die scheinbaren Gegensätze, welche zwischen der phagocytären Theorie Metschnikoff's und der bactericiden Wirksamkeit des zellfreien Serums bestehen, zu klären. Beide Beobachtungen sind unzweifelhaft richtig und die Frage ist nur die, ob die Phagocytose in einer Weise erklärt werden kann, welche gleichzeitig mit den Ergebnissen, die die bactericide Wirksamkeit des Serums betreffen, im Einklang steht, welche also beiden Beobachtungen Rechnung trägt. Der Gedanke, dass die Alexine aus den Leucocyten stammen könnten, ist naheliegend und ist auch in der That schon früher aufgetaucht. Hankin[1]) und Kanthak haben zuerst die pseudo-eosinophilen oder amphophilen Leucocyten als Alexocyten, d. h. als Alexin-spendende bezeichnet und ihre Anschauung durch eine Reihe von Versuchen gestützt. Hankin hatte insbesondere nachzuweisen gesucht, dass die pseudoeosinophilen Granula in directer Beziehung zu den Alexinen stehen, dass sie die Muttersubstanz derselben sind. Das Kaninchenblut soll, wenn die in ihm erzeugte Leucocytose frisch und demgemäss nur eine Spur von Absonderung der pseudo-eosinophilen Granula zu sehen ist, nur eine mässige bactericide Kraft entfalten. Dagegen soll bei älterer Leucocytose die extravaskuläre Absonderung schnell und kräftig vor sich gehen und demgemäss das bactericide Vermögen des Blutes ein sehr starkes sein. Es gelang ihm ferner die Absonderung der pseudo-eosinophilen Granula künstlich zu steigern, dadurch, dass

1) Centralbl. f. Bacteriologie, Bd. XII, Nr. 22 u. 23.

er dem Blute Blutegelextract zufügte und dasselbe eine Zeit (2—6½ Stunden) bei Körpertemperatur hielt. Das nach solcher Behandlung centrifugirte Blut soll nach Hankin eine stärkere bactericide Wirkung zeigen als das sofort nach der Entnahme aus dem Körper centrifugirte Blutegelextractblut. Spritzt man dagegen dem Thiere Blutegelextract intravenös ein und bewirkt so schon im Organismus ein Verschwinden der pseudo-eosinophilen Granula, so findet, wenn das Blut nunmehr einige Stunden bei 39° gehalten wird, keine Zunahme des bactericiden Vermögens statt. Hankin's bactericide Versuche sind, soweit sie publicirt sind, gering an Zahl und nicht gerade überzeugend in ihren Ergebnissen. Die kleine Anzahl der zu den Versuchen verwendeten Proben, der Mangel an Controlproben, die auf 55° erhitzt wurden, und die kleine Differenz in der Colonienzahl, aus welcher Hankin eine grössere oder geringere bactericide Kraft seines Versuchsmaterials folgert, schliessen Irrthümer bei einer so difficilen Methode, wie es die zur Prüfung des bactericiden Vermögens verwendete ist, nicht völlig aus. So wird man es Metschnikoff [1]) hier gerade nicht verübeln können, wenn er sich durch die Resultate Hankin's von seiner Anschauung über den Vorgang der Bacterienvernichtung nicht bekehren lassen will. Ein Theil seiner kritischen Ausführungen richtet sich gegen die erste Angabe Hankin's und Kanthak's, dass in den eosinophilen Zellen die Muttersubstanz der Alexine zu suchen sei. Nachdem Hankin [2]) selbst seine Angaben dahin berichtigt hat, dass es sich um pseudo-eosinophile oder amphophile Leucocyten handle und ihn nur eine Verwechslung in der Nomenclatur zu der falschen Bezeichnung geführt habe, erledigt sich dieser Theil der Ausführungen Metschnikoff's von selbst. Was er sonst gegen die Existenz der Alexine und ihren Zusammenhang mit der natürlichen Resistenz anführt, ist zum grossen Theil schon von Hankin widerlegt worden. Nur ein nicht gerade glücklicher Beweis, den Metschnikoff schon wiederholt gegen die Alexine

1) Annales de l'Institut Pasteur 1893, S. 50.
2) Centralbl. f. Bacteriologie, Bd. XIV, Nr. 25.

ins Feld geführt hat, sei hier zurückgewiesen. Metschnikoff weist wieder auf die Thatsache hin, dass sich die Mikroorganismen mit grosser Schnelligkeit in den Exsudaten, die aus einem refractären Organismus gewonnen sind und bei Körpertemperatur gehalten werden, vermehren. Diese Exsudate enthalten nach Metschnikoff im Momente der Entnahme nur in Leucocyten eingeschlossene Mikroorganismen oder eine nicht schätzbare Quantität von freien Bacterien. Sie müssten also reich an bactericiden Producten sein und doch, wenn die Bacterien nicht mehr den Angriffen der Phagocyten ausgesetzt sind, so vermehren sie sich in den Zellen und überfluthen das Exsudat.

Wie schon erwähnt, kann diese Beweisführung nicht als eine glückliche bezeichnet werden. Es ist von den Anhängern der Alexinetheorie niemals behauptet worden, dass die Alexine stets einer beliebigen Zahl von Keimen gewachsen seien. H. Buchner[2]) hat seine diesbezüglichen Ergebnisse in den Satz zusammengefasst: »Die bacterienfeindliche Action hängt bei gleicher Serum- und Bacterienart ab von der Serummenge (also auch von der Alexinmenge), welche mit einer bestimmten Bacterienzahl in Contact geräth. Die Bacterien sind durch ihre Lebensthätigkeit im Stande, die activen Stoffe des Serums zu zerstören.« In einem Exsudat also, das überhaupt noch lebende Bacterienkeime enthält, kann die gerade vorhandene Quantität der bactericiden Stoffe durch die Thätigkeit der Bacterien bereits beträchtlich herabgesetzt sein. Im Organismus kommen immer wieder frische Alexinmengen mit den Bacterien in Berührung, im Reagenzglas steht eine begrenzte Alexinmenge den Bacterien gegenüber. Ausserdem wirkt es eigentümlich, wenn Metschnikoff[3]) selbst wieder angibt, dass »les bactéries se reproduisent dans les cellules«.

Wie Havet[4]) hervorhebt, weist eine solche Beobachtung viel eher darauf hin, dass die Leucocyten den Mikroben unter-

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVII, S. 112.

2) a. a. O.

3) a. a. O.

4) Extrait de la Revue »la Cellule« t. X 1er fascicule.

legen sind, als auf ein umgekehrtes Verhältnis. Dieses letztere müsste aber doch vorliegen, wenn anders der Phagocytose eine so grosse Wichtigkeit im Kampfe des Organismus mit den Bacterien zugeschrieben werden soll. Metschnikoff weist eben auch in der erwähnten Kritik der Hankin'schen Arbeit alle Versuche zurück, die geeignet erscheinen, eine Brücke zu schlagen zwischen der Lehre von der Phagocytose einerseits und zu der von der bactericiden Wirkung des Blutes auf der anderen Seite. Und doch sind uns gerade in neuerer Zeit durch eine Arbeit von Denys und seinem Schüler Havet, die den Metschnikoff'schen Anschauungen durchaus nicht feindlich gegenüber steht, wichtige Anhaltspunkte dafür geliefert worden, dass in der That ein Zusammenhang vorhanden ist zwischen den Leucocyten und den Alexinen. Denys und Havet[1]) nähern sich sogar in ihren Anschauungen der Phagocytose-Theorie mehr, als das nach der Publication von Denys und Kaisin vorauszusehen war. An einer Stelle ihrer Arbeit sprechen sie es geradezu aus, dass der grösste Theil der bactericiden Kraft des Blutserums den Leucocyten zufalle und zwar in ihrer Eigenschaft als Phagocyten. Sie folgern dies zunächst daraus, dass das Hundeblut stärker bactericid wirkte als Hundeserum, dann aber auch daraus, dass Hundeblut und leucocytenhaltige Exsudate, welche von den Leucocyten durch Filtration befreit waren, eine schwächere bactericide Wirksamkeit zeigten wie das volle Blut resp. die unveränderten Exsudate. Ferner gelang es ihnen, das bactericide Vermögen von filtrirtem Blut und Exsudaten wieder zu steigern, wenn sie denselben Leucocyten zufügten. Mit diesen am Hundeblut gemachten Beobachtungen steht die oft genug festgestellte Thatsache in Widerspruch, dass defibrinirtes Kaninchenblut schwächer bactericid wirkt als das zellenfreie Kaninchenserum. Und in der That scheint auch nach den Untersuchungen Denys' und Havet's diese schwächere Wirkung des filtrirten Blutes nur beim Hunde zu Recht zu bestehen, wenigstens gelang es ihnen nicht, dieselbe auch für Menschen-, Tauben- und Hühner-

1) a. a. O.

blut nachzuweisen. Wie H. Buchner[1]) hervorhebt, ist auch aus den Angaben der Verfasser nicht ersichtlich, in welcher Art sie das für ihre Versuche benutzte Blut und Serum gewonnen haben und ob bei der Filtration eine, wenn auch nur procentisch geringe Auflösung von rothen Blutkörperchen gänzlich verhindert wurde. Auf letzteren Punkt ist aber grosses Gewicht zu legen. Schon in seiner ersten Arbeit hat H. Buchner[2]) auseinandergesetzt, welch vermindernden Einfluss die in den rothen Blutkörperchen enthaltenen Nährstoffe auf die Alexinwirkung haben können, weil sie das Wachsthum der Bacterien begünstigen, also antagonistisch wirken. Derselbe Einwand, dass nämlich der Einfluss zerstörter rother Blutkörperchen nicht genügend berücksichtigt sei, ist auch von H. Buchner gegen einige von Havet[3]) allein publicirte Beobachtungen erhoben worden. Havet wies nach, dass die durch intravenöse Injection von sterilisirten Bacterienculturen eintretende Hypoleucocytose eine entsprechende Verminderung der bactericiden Kraft des Hundeblutes zur Folge hat. Nimmt dann die Zahl der Leucocyten wieder zu, so kehrt auch das bactericide Vermögen des Blutes zurück. Dieselbe Erscheinung konnte Havet auch nach Infection mit lebenden Bacterien im Hundeblut nachweisen, wenn auch eine völlige Constanz in dem Zusammentreffen von gesteigerter bactericider Wirksamkeit und Leucocytenreichthum des Blutes nicht immer vorhanden war. Auch hier besteht der Zweifel, ob nicht die Einführung der sterilisirten Bacterienculturen eine Zerstörung rother Blutkörperchen und somit indirect die Herabminderung der bactericiden Kraft des Blutserums bewirkt hat.

Wie schon erwähnt, ziehen Denys und Havet aus ihren Beobachtungen wesentlich Schlüsse, die der Phagocytentheorie günstig sind. Freilich gestehen sie wenigstens am Schlusse ihrer Arbeit zu, dass weder die Phagocytentheorie noch die Theorie der Alexine für sich die »Immunität« (resp. die natürliche Resistenz im Sinne Buchner's) erklären können, dass beide Factoren,

1) Münch. med. Wochenschr. 1894, S. 718.
2) Archiv f. Hygiene Bd. X, S. 84.
3) a. a. O.

Leucocyten und Alexine, zusammenwirken, in einer von Thier- und Bacterienspecies abhängigen Art und Weise. Sie räumen auch ein, dass eine physicalische Wirksamkeit der Leucocyten auf die Bacterien auszuschliessen sei, und dass es sich vielmehr nur um eine chemische handeln könne. Denys und Havet stellen es als wahrscheinlich hin, dass die Leucocyten bactericide Substanzen aussondern, welche auch in das Serum übergehen können. Besonders die Thatsache, dass im Organismus fortwährend Leucocyten zu Grunde gehen, deren Substanz sich dann im Blute auflöst, ist nach Denys und Havet eine Stütze der von ihnen aufgestellten Theorie.

Einige neue Arbeiten von Vaughan[1]) und von Kossel[2]) beschäftigen sich denn auch bereits mit der Frage, welche der in den Zellen enthaltenen Substanzen mit den Alexinen identisch sein können. Vaughan und Mc Clintock[1]) behaupten, aus dem Blutserum durch Pepsinverdauung ein Nucleïn erhalten zu haben, das in schwach alcalischer Lösung bactericid wirkte. Man vermisst in ihrer Arbeit den stricten Beweis, dass thatsächlich ein Nucleïn vorgelegen hat. Die Thatsache, dass der betreffende Körper durch Pepsin-Salzsäure nicht verdaut wurde, beweist durchaus noch nicht, dass er auch ein Nucleïn ist. Der Modus procedendi, den Vaughan und Mc Clintock zur Darstellung einschlugen, war einer völligen Verdauung eben ungünstig: sie erhielten durch Alcohol und Aether aus Hunde- und Kaninchenserum einen Niederschlag, den sie unter der mehrmals erneuerten Alcohol-Aethermischung längere Zeit stehen liessen, und den sie dann, ohne den Alcoholäther völlig zu verjagen, der Verdauung unterwarfen. Solche Niederschläge, die längere Zeit unter Alcoholäther gestanden haben, setzen der Verdauung aber an sich einen grossen Widerstand entgegen und wenn nun gar noch der Alcoholäther nicht völlig entfernt wird, so kann es bei ganz gewöhnlichem Eiweiss, z. B. Fibrin, vorkommen, dass trotz häufiger Erneuerung der Pepsinsalzsäure, wie sie von Vaughan und Mc Clintock vorgenommen wurde, ein kleiner Rest ungelöst

1) Medical. Neros. 1893, 23. Dec.

2) Verhandl. d. physiol. Ges. zu Berlin, 2. Febr. 1894.

bleibt. Zum Nachweis eines Nucleïns hätte doch wenigstens gehört, dass Vaughan und Mc Clintock organisch gebundenen Phosphor in ihrem Präparate gefunden hätten. Aber auch die kleine Zahl der bactericiden Versuche wirkt nicht gerade überzeugend und die Beweiskraft derselben wird noch dadurch erschüttert, dass Vaughan über die Inactivirung seiner Flüssigkeit nicht ausführlich berichtet, sondern nur anführt, dass Kochen der Flüssigkeit allerdings die bactericide Wirksamkeit derselben aufgehoben hat, dass ihn aber die Temperaturgrade, bis zu welchen die Nucleïnlösung ohne Zerstörung ihrer bactericiden Kraft erhitzt werden kann, überrascht haben. Beweisender sind schon die Versuche, welche Kossel[1]) über die antiseptische Wirkung der Nucleïnsäure (aus Thymusdrüsen dargestellt) auf Bacterien angestellt hat. Kossel fand, dass Choleravibrionen Streptococcen, Staphylococcen und Typhusbacillen in ½ proc. Nuleïnsäure abgetödtet werden, während auf Choleravibrionen eine Essigsäure von gleicher Acidität nicht abtödtend wirkte. Kossel ist der Ansicht, dass hier hauptsächlich die eiweissbindende Kraft der Nucleïnsäure eine Rolle spiele, und dass auch im Organismus die in den Leucocyten vielleicht nur locker gebundene Säure diese bactericide Wirkung entfalten könnte, eine Thatsache, die auch zur Erklärung der Phagocytose herangezogen werden könne. In den Versuchen fehlt, wie H. Buchner[2]) betont, auch, wie bei Vaughan, der Nachweis, dass die Nucleïnsäure in ihrem Verhalten gegenüber dem Licht, gegen höhere Temperaturen mit den bactericiden Stoffen des Serums übereinstimmt. Immerhin haben wir es hier mit der Wirkung eines chemisch reinen, identificirten Productes des Organismus zu thun und die Resultate Kossel's verdienen daher bei weitem mehr Beachtung als die Vaughan's.

Die oben besprochenen Arbeiten Denys' und seiner Schüler lassen, wie schon erwähnt, einen Zusammenhang zwischen der bactericiden Wirksamkeit des Blutserums und den Leucocyten nicht von der Hand weisen. Die Resultate lassen aber, so wie

1) a. a. O.
2) Münch. med. Wochenschr. 1894, S. 718.

sie vorliegen, in der That eine Phagocytose im Sinne Metschnikoff's nicht als unwahrscheinlich erscheinen. Es fragt sich nur, ob nicht die Versuchsanordnung an diesem, der Phagocyten-Theorie so günstigen Ergebnis Schuld ist.

Allerdings der Gegensatz, den Metschnikoff[1]) noch unlängst wieder hervorgehoben hat, nämlich zwischen cellulärer und humoraler Pathologie, besteht auch schon nach der Ansicht Denys' und seiner Schüler nicht. — Dieselben bekennen ausdrücklich, dass die Grundgesetze der Biologie doch einen fortwährenden Austausch zwischen den Zellen und der sie umspülenden Flüssigkeit annehmen lassen, und dass auch die Leucocyten keine Ausnahme davon machen werden. In den von Metschnikoff betonten beiden Punkten liegt überhaupt nicht der Gegensatz zwischen Phagocyten- und Alexintheorie. Auch ein begeisterter Anhänger der Alexintheorie wird doch die Wichtigkeit der Zellen für die Zusammensetzung des Blutserums nicht leugnen. Der Punkt, um den sich die Frage dreht, ist der: ist die Vernichtung der Bacterien an die Gegenwart der lebenden Zelle gebunden, kann diese Wirkung nur direct von der organisirten Substanz ausgehen oder sind die bactericiden Stoffe auch von den Leucocyten abtrennbar, kann die bactericide Wirkung auch ohne die Gegenwart der lebenden Zelle, durch gelöste Stoffe, die von den Leucocyten ausgeschieden wurden, erfolgen? Diese Frage konnte durch die Versuchsanordnung von Denys' und seinen Schülern nicht entschieden werden. Denn bei jenen Versuchen waren die Leucocyten nicht abgetödtet und somit die Thätigkeit der lebenden Zelle nicht mit Sicherheit ausgeschlossen. H. Buchner[2]) hat zuerst in Gemeinschaft mit M. Kolb und K. Schuster[3]) eine Versuchsanordnung zur Anwendung gebracht, bei der die Leucocyten durch Gefrieren und Wiederaufthauen getödtet waren. Er untersuchte leucocytenhaltige Pleura-Exsudate, wie sie durch Weizenkleber in der Form von Aleuronat bei Hunden und Kaninchen leicht erzeugt

1) Annales de l'Institut Pasteur 1894, S. 106.

2) Münch. medic. Wochenschr. 1894, S. 497 u. 718.

3) Inaugural-Dissert., München 1894.

werden können auf ihre bactericide Wirksamkeit, nachdem auf die oben erwähnte Weise die Leucocyten vernichtet waren, und verglich sie nach dieser Richtung mit dem Serum und defibrinirten Blut derselben Thiere, von denen das Exsudat gewonnen war. Das Resultat der Versuche war, dass dem Exsudate, dessen Leucocyten durch Gefrieren abgetödtet waren, eine stärkere bactericide Wirkung zukommt, als dem Serum und defibrinirten Blut desselben Thieres. Auch gelang es die bactericide Wirkung des Serums zu verstärken dadurch, dass stark leucocytenhaltige Beläge, wie sie durch die Aleuronat-Injectionen auf der Pleura erzeugt werden, demselben zugesetzt wurden. Auch hier wurden die Leucocyten durch Gefrieren und Wiederaufthauen abgetötet.

Da die bisher von H. Buchner und K. Schuster publicirten Versuche in der Literatur etwas verstreut sind, so lasse ich sie der Vollständigkeit halber hier folgen:

Versuch A.

Aleuronatinjection in die rechte Pleurahöhle eines grossen kräftigen Kaninchens, nach 48 Stunden wurde das Thier verblutet, das Blut theils defibrinirt, theils auf Serum verarbeitet. Hierauf wurde das etwas röthlich gefärbte, reichliche Exsudat aus der rechten Brusthöhle mit steriler Pipette angesaugt, dann das gelbe aus der linken Brusthöhle. Beide Exsudate erwiesen sich steril und stark leucocytenhaltig.

Tabelle I.

	Plattenresultat			
	Aussaat	nach 2 Stunden	nach 8 Stunden	nach 24 Stunden
Defibrinirtes Blut . . .	5 040	2 520	21	100
desgl.	7 800	1 800	15	?
Serum	9 120	2 280	19	3
desgl.	6 480	1 680	14	0
Exsudat rechts	5 640	?	2	1
desgl.	7 800	6	3	3
Exsudat rechts gefroren	6 000	30	3	4
desgl.	9 600	17	8	1

Versuch B.

Kräftiges Kaninchen ebenso behandelt wie beim vorigen Versuche. Nach 48 Stunden verblutet, Blut theils defibrinirt, theils auf Serum verarbeitet.

Bei Eröffnung der Pleurahöhle zeigte sich rechts ebenso wie links eine mässige Menge gelbliches, trübes, sehr leucocytenreiches Exsudat vollkommen steril, in der rechten Brusthöhle war aber auch noch Pleura und Lunge mit einer dichten Schwarte bedeckt, die nur locker auflag und welche, wie die mikroskopische Untersuchung zeigte, fast nur aus Leucocyten bestand. Diese Schwarte wurde gesammelt und nach 24 Stunden einem Theil des inzwischen ausgepressten Serums beigemischt.

Tabelle II.

Aussaat: Bouilloncultur von Bac. Coli.

	Plattenresultat			
	Aussaat	nach 2 Stunden	nach 8 Stunden	nach 24 Stunden
Defibrinirtes Blut . . .	6 130	4 080	viele hunderttausende	—
desgl.	13 320	9 480		—
Serum	15 480	5 760	»	—
desgl.	12 720	7 680	»	—
Exsudat gefroren . . .	9 720	4 200	720	23 640
desgl.	10 250	8 080	840	48 600
Serum und Leucocyten .	6 240	8 880	4 200	?
desgl. gefroren . . .	11 400	9 720	2 640	44 160

Versuch C.

Dieselben Flüssigkeiten.

Tabelle III.

Aussaat: Bouilloncultur von Bac. Typh.

	Plattenresultat			
	Aussaat	nach 2 Stunden	nach 8 Stunden	nach 24 Stunden
Defibrinirtes Blut . . .	14 400	1 080	124	viele hunderttausende
desgl.	14 280	600	30	
Serum	12 960	840	3	33 720
desgl.	17 840	200	4	67 200
Exsudat gefroren . .	12 480	610	190	45
desgl.	10 680	720	6	120
Serum + Leucocyten gefr.	10 880	80	2	2
desgl.	12 840	50	8	32

Versuch D.

Grosses Kaninchen, Injection von steriler Weizenkleberemulsion in die rechte Pleurahöhle. Nach 48 Stunden durch Verbluten getödtet, Blut auf Serumgewinnung verarbeitet. Das doppelseitige, reichliche, sterile Exsudat,

in dem grosse Leucocytenmengen waren, gesammelt, theils in Gefriermischung gestellt, theils in den Eisschrank. Am andern Tage der Versuch angesetzt:

Tabelle IV.

Aussaat: Bouilloncultur von Bac. Coli.

	Plattenresultat			
	Aussaat	nach 2 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
Serum	26 520	2 760	6 360	unzählige
desgl.	20 640	4 200	6 600	»
Exsudat unverändert . .	21 120	3 600	70	87
desgl.	21 000	2 040	65	100
Exsudat gefroren . . .	22 800	480	30	17
desgl.	22 800	720	28	50
Exsudat auf 60° erwärmt	28 560	einige hundert tausend	unzählige	—
desgl.	25 160	sehr zahlreich	»	—
Serum auf 60° erwärmt .	17 280	»	»	—
desgl.	31 000	»	»	—

2. Neue Versuche mit Pleuraexsudaten.

Auf Anregung des Herrn Professor H. Buchner, dem ich hiefür wie für das stete fördernde Interesse, welches er dieser Arbeit entgegengebracht hat, zu aufrichtigem Danke verpflichtet bin, habe ich es versucht, den von ihm und seinen Mitarbeitern eingeschlagenen Weg weiter zu verfolgen. In der Technik der Versuche habe ich mich zunächst eng an die von Buchner und seinen Mitarbeitern befolgte angeschlossen.

Zu den Versuchen wurden möglichst kräftige Kaninchen ausgewählt, denen in der Mitte der Axillarlinie der rechten Brusthälfte eine Injection von 2—4 ccm Aleuronatbrei, in einzelnen Fällen von nahezu reinem Glutencaseïn gemacht wurde. Nach 24 Stunden wurde das Thier durch Verbluten getödtet, dabei Serum und defibrinirtes Blut gewonnen und nunmehr in den Brustkorb ein Fenster geschnitten, welches die bequeme Entnahme des Exsudates mittelst sterilisirter Pipetten gestattete. Selbstverständlich wurde bei allen diesen Operationen eine strenge Asepsis beobachtet und das Exsudat noch besonders auf seinen Gehalt an Leucocyten und auf seine Sterilität geprüft. Bei der Entnahme von Blut und Serum wurde eine Auflösung

von rothen Blutkörperchen aus den erwähnten Gründen sorgfältig vermieden. Das Exsudat wurde dann in einer Mischung von Eis und Kochsalz zum Gefrieren gebracht und mit dem Serum und defibrinirten Blut 24 Stunden lang im Eisschrank aufbewahrt. Am nächsten Tage wurde der bactericide Versuch nach den im Buchner'schen Laboratorium üblichen Methoden angestellt. Ausdrücklich und vorweg sei bemerkt, dass die Versuche durchaus nicht so glatt verlaufen wie diejenigen, bei denen man überhaupt nur constatiren will, ob eine bactericide Wirkung vorhanden ist oder nicht. Hier handelt es sich darum, quantitative Differenzen festzustellen. Dabei sind zu kleine Unterschiede für die Entscheidung der Frage nicht geeignet; denn sie liegen noch innerhalb der Grenzen, welche durch die Versuchsfehler gezogen werden. Und gerade hier ist besondere Vorsicht geboten, weil in dem mit Exsudat oder Leucocyten versetzten Serum Trübungen und Flockenbildungen auftreten können, welche dann eine gleichmässige Vertheilung der Keime in den betreffenden Flüssigkeiten und somit die Beurtheilung der bactericiden Effecte durch Plattencultur erschweren. Am besten schützt man sich vor groben Irrthümern durch eine mikroskopische Controlle, wie sie auch hier, namentlich in den Flüssigkeiten, welche Trübungen und Flocken enthielten, nach 6 bezw. 24 Stunden vorgenommen wurde. Die grösste Schwierigkeit beruht bei den Versuchen eben darin, die Resultate möglichst sprechend zu gestalten. Hiefür ist in erster Linie die betreffende Bacterienstammcultur, dann aber auch die Zahl der ausgesäten Keime maassgebend. Nicht mit jeder Typhuscultur z. B. gelingt es, überzeugende Ergebnisse zu erlangen, und es hat vieler vergeblicher Versuche bedurft, ehe die für jede Bacterienart besonderen Bedingungen, welche für sprechende Resultate Gewähr leisten, festgestellt wurden.

Versuch I.

Einem Kaninchen von 2460 g werden 2 ccm Aleuronat-Stärkeaufschwemmung in die erste Pleurahöhle injicirt. Nach 30 Stunden wird Blut aus der Carotis entzogen, zu Serum und defibrinirtem Blut verarbeitet und 10 ccm gelbliches, trübes Exsudat aus der rechten, 2 ccm aus der linken Brusthöhle

entnommen. Die Pleuren sind mit gelblichen Belägen bedeckt. Das Exsudat gerinnt und enthält nach Ausweis der mikroskopischen Untersuchung massenhaft Leucocyten, auch etwas Fibrin, ebenso die Beläge. Das Exsudat ist keimfrei. Es wird in Eiskochsalzmischung zum Gefrieren gebracht. Am nächsten Tage bactericider Versuch

Tabelle V.
Aussaat: Bouilloncultur von Bac. Typhi.[1])

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrinirt. Blut	6 360	31 296	unzählige	unzählige
2. desgl.	7 506	21 940	unzählige	unzählige
3. 2 ccm Blutserum . .	7 690	70	52	39 560
4. desgl.	6 742	80	112	28 500
5. 1 ccm Exsudat + 1 ccm Serum	8 143	8	0	0
6. desgl.	9 096	13	0	0
7. Inhalt wie in 5 u. 6 auf	17 810	57 440	unzählige	unzählige
8. 55° erhitzt	22 450	34 160	unzählige	unzählige

Der Versuch ist in seinen Ergebnissen vollkommen gleich den bereits von K. Schuster publicirten verlaufen. Das leucocytenreiche Exsudat hat sich in seiner bactericiden Wirksamkeit bei weitem dem Serum überlegen gezeigt. Schon nach 3 Stunden ist eine Differenz zu Gunsten des Exsudates bemerkbar. Nach 6 Stunden ist im Exsudat völlige Abtödtung erfolgt, während im Serum noch lebende Keime vorhanden sind. Dementsprechend ist auch nach 24 Stunden die Colonienanzahl im Exsudat gleich Null, während im Serum eine starke Vermehrung der Keime eingetreten ist. Die Colonienzahlen der erhitzten Proben zeigen, dass die Abtödtung in den nicht erhitzten nur durch einen labilen Körper erfolgt sein kann, dass im übrigen nicht

1) Die zu den vorliegenden Versuchen verwendeten Culturen wurden sämmtlich vor der Benützung zum bactericiden Versuch durch kleine sterilisirte Papierfilter filtrirt, um so die gröberen Partikelchen (aus Bacterienanhäufungen bestehende Flöckchen), die zu einer ungleichen Aussaatgrösse Veranlassung geben können, zu entfernen, und sodann mit sterilem Wasser verdünnt.

etwa im Exsudat an sich ein dem Wachsthum der Bacterien ungünstiges Medium gegeben ist.

Da das Aleuronatmehl, wenn es auch zum grossen Theile aus Weizenkleber besteht, immerhin nicht als ein reines Präparat bezeichnet werden kann, so hätte man denken können, dass die erhöhte bactericide Kraft des Exsudats auf Rechnung etwaiger, dem Aleuronat beigemengter, direct antiseptischer Stoffe zu setzen sei, die nach 6 Stunden noch nicht aus der Pleurahöhle resorbirt worden sein könnten. Aus diesem Grunde wurde ein zweiter Versuch mit gereinigtem Glutencaseïn angestellt.

Versuch II.

Einem Kaninchen von 3600 g werden 4 ccm einer sterilisirten Glutencaseïn-Stärkeaufschwemmung in die rechte Pleurahöhle injicirt. Nach 24 Stunden wird das Thier durch Verbluten getödtet, das Blut zu Serum und defibrinirtem Blut verarbeitet. In der rechten Pleurahöhle ca. 8 ccm stark blutig gefärbtes Exsudat, keine gelblichen Beläge. In der linken Pleurahöhle ca. 4 ccm Exsudat. Beide Flüssigkeiten sind steril, enthalten viel Leucocyten, werden in Eiskochsalzmischung zum Gefrieren gebracht. Am 24. November bactericider Versuch.

Tabelle VI.

Aussaat: Bouilloncultur von Staphylococcus pyogenes aureus.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrinirtes Blut	2 320	3 860	unzählige	unzählige
2. desgl.	1 960	3 580	»	»
3. 2 ccm Serum	1 850	3 930	»	»
4. desgl.	1 725	4 830	»	»
5. 1 ccm Exsudat + 1 ccm Serum	2 530	30	242	»
6. desgl.	1 540	263	658	»
7. wie 5 u. 6 auf 55° C. erhitzt	1 750	7 270	unzählige	»
	1 970	8 420	»	»

Der Versuch zeigt einmal, dass auch reines Glutencaseïn zur Erzeugung des Exsudats, ohne dass letzteres seine bactericiden Eigenschaften ändert, verwendet werden kann, dann aber hat hier das Exsudat schon nach 5 Stunden gegenüber dem Staphylococcus pyogenes aureus eine deutliche bactericide Wir-

kung entfaltet, während Serum und defibrinirtes Blut völlig versagt haben.

Der gleiche Einwand, welcher, wie oben erwähnt, gegen die Verwendung des Aleuronatmehles erhoben werden könnte, trifft auch die zu den Versuchen bisher benützte Kartoffelstärke. Auch hier wurde kein reines Präparat benutzt. In dem folgenden Versuch wurde daher zur Bereitung der Glutencaseïnaufschwemmung Gummi arabicum in Form eines relativ reinen Pulvers benützt.

Versuch III.

Einem Kaninchen von 3250 g werden 4 ccm Glutencaseïnaufschwemmung, mit Gummi arabicum bereitet, in die rechte Pleurahöhle injicirt. Nach 24 Stunden wird das Thier durch Verbluten getödtet. In der rechten Pleurahöhle 18 ccm einer schwach röthlich gefärbten, trüben Flüssigkeit, gelbliche Beläge auf der Pleura in geringer Menge. In der linken Pleurahöhle 2 ccm von der gleichen Flüssigkeit. Das stark leucocytenhaltige, sterile Exsudat wird in Eiskochsalzmischung zum Gefrieren gebracht. Am nächsten Tage bactericider Versuch.

Tabelle VII.

Aussaat: Bouilloncultur von Bac. Typhi.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	3 620	165	16	unzählige
2. desgl.	3 240	135	6	»
3. 2 ccm Serum	2 290	325	28	»
4. desgl.	4 000	305	115	»
5. 2 ccm Exsudat . . .	4 450	1	0	0
6. desgl.	2 920	0	0	0

Also auch der Ersatz der Stärke durch Gummi hat nichts an dem Resultat geändert. Die bactericide Wirkung des Exsudates ist in gleicher Stärke zu Tage getreten. Nach den ersten Versuchen erscheinen folgende Schlussfolgerungen berechtigt:

1. Ein durch Aleuronat bezw. Glutencaseïn beim Kaninchen erzeugtes Pleuraexsudat zeigt gegenüber dem Staphylococcus pyogenes aureus und dem Typhusbacillus eine stärkere bactericide Wirkung, wie defibrinirtes Blut und Blutserum vom gleichen Thiere.

2. Diese erhöhte Wirkung beruht nicht auf Mangel an Nahrungsstoffen für die Bacterien, sondern sie wird, entsprechend der bactericiden Wirkung des Blutserums durch Erwärmen auf 55° zerstört.

3. Sie beruht ferner nicht auf Phagocytose im Sinne Metschnikoff's; denn die weissen Blutkörperchen sind durch Gefrieren getödtet. Es ist ausgeschlossen, dass etwaige direct antiseptisch wirkende Verunreinigungen des verwendeten Aleuronats und der Kartoffelstärke dabei in Betracht kommen. Denn das Aleuronat kann durch gereinigtes Glutencaseïn, die Stärke durch Gummi arabicum ersetzt werden, ohne dass eine Aenderung in der bactericiden Wirkung des Exsudates eintritt.

Ausserdem hat sich ja das auf 55° erwärmte Exsudat als ein ebenso guter Nährboden erwiesen wie das erhitzte Serum, was nicht der Fall sein könnte, wenn antiseptisch wirkende Verunreinigungen die bactericide Wirkung veranlassten.

Die hier wiederum festgestellte höhere bactericide Wirkung des Exsudates muss ihre Ursache in einer vom Serum verschiedenen Zusammensetzung haben. Reste der injicirten Flüssigkeit, Differenzen in dem Gehalt an stabilen Eiweisskörpern und an Salzen können hier kaum in Betracht kommen. Es kann nur ein vermehrter Gehalt an labilen Körpern die Ursache des erhöhten bactericiden Vermögens sein.

Die Tendenz des Exsudates zur Gewinnung zeigt, dass es plasmatische Flüssigkeit enthält. Dass das Blutplasma in seiner bactericiden Wirksamkeit dem Serum nicht überlegen ist, wird weiter unten durch die Versuche mit Histonblut dargethan werden. An Zellbestandtheilen enthält das Exsudat nur vereinzelte Pleuraendothelien, dann aber grosse Massen von Leucocyten. Die Endothelzellen der Pleura sind an Zahl viel zu gering vertreten, als dass man von ihnen eine besondere Wirksamkeit voraussetzen könnte. Ausserdem handelt es sich ja hier um Zellen, die schon abgestorben sind, wenn sie in die Flüssigkeit hineingerathen. Dass aber das Pleuraendothel selbst bactericide Stoffe aussondern könnte, dafür ist gar kein Anhaltspunkt vorhanden, während für einen Zusammenhang zwischen

Leucocyten und bactericidem Vermögen schon die in der Einleitung erwähnten Beobachtungen vorliegen. Man ist also gewissermaassen gezwungen, den Leucocyten hier eine entscheidende Rolle zuzuweisen. Der Gehalt an Leucocyten bildet den wesentlichen Unterschied zwischen dem Exsudat und dem Serum. Dass dabei nicht eine Wirkung der Leucocyten im Sinne Metschnikoff's in Betracht kommen kann, ist schon oben (Schlussfolgerung 3) erwähnt worden.

3. Versuche mit isolirten Leucocyten.

Es handelte sich nun darum, die Leucocyten möglichst rein und isolirt aus dem Körper zu gewinnen, um so die Wirkungen, welche von Leucocyten allein, ohne Mithilfe der exsudativen Flüssigkeit ausgehen, zu studiren. Das nächstliegende wäre gewesen, dazu den Eiter zu benützen, welcher sich in den durch subcutane Aleuronatinjection entstandenen Abscessen bei Kaninchen und Hunden vorfindet. Wenn es nun auch gelingt, auf diesem Wege grosse Mengen von Leucocyten zu erhalten, so hatten doch frühere Versuche gelehrt, dass von Leucocyten, die schon längere Zeit aus dem Blutkreislauf ausgewandert sind, wesentlich geringere bactericide Wirkungen ausgehen. Schon bei den Versuchen mit den Exsudaten empfiehlt es sich, nicht länger als 24—36 Stunden nach der Injection mit der Exsudatentnahme zu warten. Bis aber in den Abscessen sich grössere Mengen von Eiter angehäuft haben, verfliessen einige Tage und der hiernach entnommene Eiter hatte bei früheren Versuchen ein wenig befriedigendes Resultat ergeben. Es wurde daher eine Versuchsanordnung gewählt, bei der man die Leucocyten nicht nur in grösseren Massen und mit relativ geringen Mengen exsudativer Flüssigkeit gemischt erhalten kann, sondern auch möglichst bald, nachdem sie durch die Gefässwand gewandert sind. Zu diesem Zweck wurden Wattebäuschchen und Schwämmchen, die mit chemotaktischen Flüssigkeiten getränkt waren, in die Bauchhöhle von Kaninchen eingeführt. Die Wattepfropfen wurden durch nicht zu festes Zusammenwickeln eines

Stückchen hydrophiler Watte hergestellt, das nach dem Aufrollen mit Faden zu einem viereckigen Packet von etwa 1—2 cm zusammengeschnürt und trocken sterilisirt wurde. Die Schwämmchen wurden in derselben Grösse aus einem Stücke feinporigen, sorgfältig gereinigten Schwamms geschnitten. Zur Einführung in die Bauchhöhle wurde die Bauchwand in der linea alba etwa 4 cm weit eröffnet und nun der mit der chemotactischen Flüssigkeit getränkte Pfropfen mittelst einer langen Kornzange hoch hinauf in die Bauchhöhle geschoben. Das Peritoneum und die Bauchwand wurden durch Seidennähte vereinigt. Die ganze Operation wurde aseptisch ausgeführt, Antiseptica wurden nur zur Reinigung der Bauchwand vor und nach der Operation verwendet. Eröffnet man nach 16—24 Stunden die Bauchhöhle wieder, so sieht man, dass der Pfropfen, der meist seinen Ort verändert, der Darmwand oder dem Netz in stärkerem oder geringerem Grade adhärirt. Namentlich bei Verwendung von Aleuronat bezw. Glutencaseïn tritt dies hervor. Hier ist der Wattebausch häufig mit einem Mantel von Leucocyten umgeben, und hier finden sich auch, durch das stellenweise haftengebliebene Aleuronat erzeugt, häufig gelbliche Beläge auf der Darmserosa und dem Peritoneum parietale, welch' letztere fast rein aus Leucocyten bestehen. Oft ist eine relativ erhebliche Gewalt nothwendig, um den Pfropfen von der Darmwand zu entfernen, und man sieht dann an der Lösungsstelle, die immer stark injicirt erscheint, punktförmige Blutungen auftreten. Diese Adhärenz des Pfropfens kommt aber nur zu Stande, wenn derselbe steril geblieben ist. War er vor der Einführung oder wurde er während derselben inficirt, so kommt es augenscheinlich gar nicht zu einer Adhärenz an den Eingeweiden. War dagegen der Pfropfen Anfangs steril, drangen dagegen später vom Darm aus Bacterien ein, so scheint sich der Pfropfen unter dem Einfluss der letzteren wieder zu lösen. Die Infection vom Darm aus scheint aber fast regelmässig zu erfolgen, wenn man das eingeführte Material länger als 24 Stunden in der Bauchhöhle belässt. Zur Erklärung dürfte man am besten die Vorgänge bei der Aleuronat-Abscessbildung heranziehen. Auch hier

kommt es, ohne dass Mikroorganismen eindringen, allmählich zu einer Einschmelzung der Haut und einem Durchbruch des Abscesses. Ebenso scheint es nun durch die Thätigkeit der angesammelten Leucocyten allmählich zu einer Veränderung in der Darmwand zu kommen, so dass diese nun den von innen andringenden Mikroorganismen keinen grossen Widerstand mehr entgegensetzen würde. Man kann hier, wie bei der Abscessbildung, die Vermuthung nicht von der Hand weisen, dass es sich um eine peptische Thätigkeit der Leucocyten handelt, um eine durch sie bewirkte »Histolyse«, wie Leber diesen Vorgang bezeichnet hat. Gerade diese Frage soll denn auch in histologischer und chemischer Hinsicht noch weiter verfolgt werden, als dies bisher geschehen ist. Nach der Entnahme wurde der Wattebausch bezw. Schwamm in ein Reagensglas, das einige Cubikcentimeter steriler Kochsalzlösung enthielt, gebracht und darin durch Eiskochsalzmischung eingefroren. Nach 24 Stunden wurde der Wattebausch mit sterilen Instrumenten zerkleinert und abgepresst, event. noch mit einigen Cubikcentimetern Kochsalzlösung extrahirt. In einigen Fällen ging die Zerkleinerung und Extraction dem Gefrieren voran, was insofern sich als zweckmässig erwies, als vereinzelte bei dieser Operation hineingefallene Keime bei dem Einfrieren noch zu Grunde gehen können.

Die Schwämmchen können ohne Zerkleinerung einfach ausgepresst werden. Die Flüssigkeit, welche bei diesem Verfahren resultirt, ist meist leicht gelblich, zuweilen durch Blutbeimengungen röthlich gefärbt und stark getrübt. Die mikroskopische Untersuchung zeigt grosse Mengen von Leucocyten. Die Flüssigkeit enthält geringe Mengen Eiweiss und, wenn sie mit Kolchsalzlösung nicht verdünnt ist, so kann man sich leicht überzeugen, dass der Gehalt eines Wattebausches der oben beschriebenen Grösse selten mehr als 3 ccm seröser Flüssigkeit beträgt. Diesem Verhältnisse wurde bei der Verdünnung immer Rechnung getragen, und somit auch diese kleine Quantität Serum, welche den Leucocyten beigemengt ist, bei den nachfolgenden Versuchen berücksichtigt.

Vorweg sei bemerkt, dass es sich zur Erzielung einer möglichst hohen bactericiden Wirkung als zweckmässig erwiesen hat, die Pfropfen schon nach 15—18 Stunden zu entnehmen.

Bei den bactericiden Proben wurde stets nach 6 und 24 Stunden mikroskopisch untersucht. Wenn die Bacterien sich nicht vermehren, sondern abnehmen, so treten in der Regel keine Gerinnungen in der Leucocytenflüssigkeit ein. Dagegen sieht man starke Flockenbildung, sobald eine erhebliche Zunahme der Bacterienzahl stattfindet.

Versuch IV.

Einem Kaninchen von 3850 g wird ein steriler Wattebausch mit Glutencaseïn-Stärkebrei getränkt in die Bauchhöhle eingeführt. Am nächsten Tage, nach 24 Stunden, wird das Thier durch Verbluten getödtet und der Wattebausch herausgenommen. Die abgepresste Flüssigkeit wird mit 6 ccm Kochsalzlösung verdünnt, zum Gefrieren gebracht und nach 48 Stunden zum bactericiden Versuch verwendet.

Tabelle VIII.
Aussaat: Bouilloncultur von Staphylococcus pyog. aur.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	4 197	4 388	3 879	unzählige
2. desgl.	4 006	7 822	7 186	»
3. 2 ccm Serum . . .	3 869	1 399	445	»
4. desgl.	3 800	verunreinigt	—	—
5. 5/8 Serum + 3/8 Leucocytenflüssigk. 2 ccm	4 070	572	826	unzählige
6. desgl.	5 469	159	254	»
7. wie 5 u. 6 auf 55° erhitzt	3 243	sehr viele	unzählige	—

Bei diesem Versuche hat die Leucocytenflüssigkeit annähernd dieselbe, eher noch eine frühere und stärkere Wirkung wie das Serum entfaltet und vor allem auch das defibrinirte Blut bedeutend übertroffen. Die erhitzte Probe beweist wieder, dass es sich auch in diesem Falle nur um die Einwirkung labiler Körper handeln kann.

Das gleiche Ergebnis hatten die folgenden Versuche, bei denen das Serum, halb mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, mit einer Mischung, die aus gleichen Theilen Leucocyten-Flüssigkeit und Serum bestand, verglichen wurde.

Versuch V.

Einem Kaninchen wird ein steriler Wattebausch mit Glutencaseïnstärkebrei eingeführt. Am nächsten Tage, nach 18 Stunden, wird das Thier durch Verbluten getödtet, der Wattebausch entnommen, mit 10 ccm Kochsalzlösung zum Gefrieren gebracht. Nach 24 Stunden bactericider Versuch.

Tabelle IX.
Aussaat: Bouilloncultur von Typhus (1892).

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	3 942	1 303	27	unzählige
2. desgl.	4 006	1 431	25	»
3. 1 ccm Serum + 1 ccm physiol. Na Cl-Lösung	5 151	12 783	unzählige	»
4. desgl.	5 469	12 020	»	»
5. 1 ccm Serum + 1 ccm Leucocytenflüssigkeit .	4 770	26 139	382	»
6. desgl.	4 642	13 864	159	»
7. wie 5 u. 6 auf 55° erhitzt	5 342	26 996	unzählige	»

Versuch VI.

Alle Flüssigkeiten stammen von demselben Thiere, wie die zu Versuch V benutzten.

Tabelle X.
Aussaat: Bouilloncultur von Staphylococcus pyogen. aureus.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	2 607	381	1 462	unzählige
2. desgl.	2 480	153	1 562	»
3. 1 ccm Serum + 1 ccm Na-Cl-Lösung	2 353	763	21 496	»
4. desgl.	3 424	890	23 786	»
5. 1 ccm Serum + 1 ccm Leucocytenflüssigkeit.	2 862	144	320	»
6. desgl.	4 261	90	252	»
7. wie 5 u. 6 auf 55° erhitzt	3 040	6 232	sehr viele	»

In diesen Versuchen hatte die Leucocyten-Flüssigkeit, mit gleichen Theilen Serum gemischt, gleichfalls eine stärkere bactericide Wirkung entfaltet, als das auf die Hälfte verdünnte Serum. Da nun aber der Pfropfeninhalt an sich schon etwas seröse Flüssigkeit enthält, so könnte man einwenden, dass dieses allerdings

ja nur sehr geringfügige Plus an Serum einen Vergleich der Mischung mit dem halb verdünnten Serum nicht zulasse. Bei den folgenden Versuchen wurde deshalb auch die Wirkung des vollen Serums zum Vergleich herangezogen.

Versuch VII.

Einem Kaninchen von 2450 g wird ein Wattepfropf mit Glutencaseïn-Stärkebrei in die Bauchhöhle eingeführt. Nach 15 Stunden wird das Thier durch Verbluten getödtet, der Wattebausch entnommen und mit 10 ccm physiologischer NaCl-Lösung zum Gefrieren gebracht. Nach 24 Stunden bactericider Versuch.

Tabelle XI.

Aussat: Bouilloncultur von Typhus (92).

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum	3 243	9 503	sehr viele	unzählige
2. desgl.	2 734	8 077	» »	»
3. 1 ccm Serum + 1 ccm NaCl-Lösung	2 607	9 412	» »	»
4. desgl.	3 879	11 130	» »	»
5. 1 ccm Serum + 1 ccm Leucocytenflüssigkeit.	2 798	8 180	1 272	»
6. desgl.	2 544	8 077	152	»
7. wie 5 u. 6 auf 55° erhitzt	2 356	8 904	sehr viele	»

Versuch VIII.

Alle Flüssigkeiten stammen von demselben Thier, wie die zum Versuch VII benutzten.

Tabelle XII.

Aussaat: Staphylococcus pyog. aur.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum	1 208	210	210	unzählige
2. desgl.	1 399	116	173	»
3. 1 ccm Serum + 1 ccm NaCl-Lösung	1 526	211	330	»
4. desgl.	1 144	215	340	»
5. 1 ccm Serum + 1 ccm Leucocytenflüssigkeit.	1 359	66	57	3 879
6. desgl.	1 462	72	10	12 592
7. wie 5 u. 6 auf 55° erhitzt	1 208	sehr viele	unzählige	unzählige

Aus den Versuchen VII und VIII geht mit Bestimmtheit hervor, dass die Mischung von Leucocytenflüssigkeit und Serum auch dem unverdünnten Serum an bactericider Kraft überlegen ist. Das auf die Hälfte verdünnte Serum hat beiden Bacterienarten gegenüber die gleiche Wirkung entfaltet wie das unverdünnte Serum. Somit kann überhaupt ein so geringfügiges Plus an seröser Flüssigkeit, wie es nach dem oben Gesagten die Leucocyten-Serummischung gegenüber dem halbverdünnten Serum enthält, wenigstens gegenüber den zum Versuche benützten Culturen nicht in Betracht kommen. Es bestehen also auch die Resultate der Versuche V und VI zu Recht: Der Zusatz von Leucocytenflüssigkeit zum Serum verstärkt die bactericide Kraft desselben. Bemerkenswerth ist, dass die bactericide Wirkung der Leucocyten-Serummischung gegenüber dem Typhusbacillus in den Versuchen V und VII eine entschieden verzögerte war: nach 3 Stunden konnte in beiden Fällen eine Vermehrung, nach 6 Stunden eine starke Verminderung der Typhusbacillen festgestellt werden.

Bisher war die Leucocytenflüssigkeit stets nur mit Serum gemischt geprüft worden. Es fragte sich, ob auch die reine Leucocytenkochsalzlösung eine erhebliche bactericide Kraft besitzt und ob dieselbe durch Erhitzen auf 55° vernichtet werden kann. Ferner lag der Gedanke nahe, ob es nicht möglich wäre, Serum, dessen bactericides Vermögen durch Erhitzen vernichtet ist, durch Zusatz der Leucocytenflüssigkeit zu »reactiviren«. Das Gelingen des Versuches hätte aber ein anderes Experiment zur Voraussetzung: es musste auch gelingen, das erhitzte Serum durch Zusatz von activem Serum zu reactiviren. Denn nur dann konnte man hoffen, dass auch die von den Leucocyten stammenden Alexine in dem inactiven Serum ein geeignetes Medium für die Entfaltung ihrer Wirksamkeit finden würden. Die nächsten drei Versuche sollen über die hier berührten Fragen Aufschluss geben.

Versuch IX.

2 Kaninchen wird je 1 Schwämmchen, mit Aleuronatbrei getränkt, in die Bauchhöhle eingeführt. Nach 16 Stunden werden die Thiere durch Verbluten getödtet, die Schwämmchen werden mit je 7 ccm physiologischer Koch-

salzlösung zum Gefrieren gebracht. Alle Flüssigkeiten von beiden Thieren werden gemischt. Am nächsten Tage bactericider Versuch.

Tabelle XIII.

Aussaat: Staphylococcus pyogen. aureus.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum	7 377	273	123	unzählige
2. desgl.	8 586	146	40	»
3. 1 ccm activ. Serum + 1 ccm inact. Serum .	7 940	6 741	unzählige	»
4. desgl.	8 649	8 840	»	»
5. 2 ccm inact. Serum .	7 441	sehr viele	»	»
6. 2 ccm Leucocyten-flüssigkeit	6 996	2 035	20	»
7. desgl.	8 077	1 208	73	»
8. wie 6 und 7 auf 55° erhitzt	9 158	12 402	unzählige	»

Versuch X.

2 Kaninchen wird je 1 Wattepfropf, mit Aleuronatbrei getränkt, in die Bauchhöhle eingeführt. Nach 15 Stunden werden die Thiere durch Verbluten getödtet, die Wattepfropfen werden mit je 7 ccm physiologischer Kochsalzlösung zum Gefrieren gebracht. Alle Flüssigkeiten von beiden Thieren werden gemischt. Nach 24 Stunden bactericider Versuch.

Tabelle XIV.

Aussaat: Bouilloncultur von Staphylococcus pyog. aureus.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum . . .	3 307	381	482	unzählige
2. desgl.	5 215	445	422	»
3. 1 ccm activ. Serum + 1 ccm inact. Serum .	3 943	1 653	7 430	»
4. desgl.	5 342	1 526	12 274	»
5. 2 ccm inact. Serum .	5 596	sehr viele	unzählige	»
6. 2 ccm Leucocyten-flüssigkeit	5 406	2 283	400	»
7. desgl.	5 724	2 098	204	»
8. 1 ccm Leucocytenflüssigkeit + 1 ccm inact. Serum	6 236	4 706	unzählige	»
9. desgl.	7 441	4 897	»	»
10. wie 8 u. 9 auf 55° erhitzt	5 470	5 651	»	»

Versuch XI.

2 Kaninchen wird je 1 Wattepfropf mit Aleuronatbrei eingeführt. Nach 17 Stunden werden beide Thiere durch Verbluten getödtet, die Wattepfropfen werden mit je 7 ccm physiologischer Kochsalzlösung zum Gefrieren gebracht. Alle Flüssigkeiten von beiden Thieren werden gemischt. Nach 24 Stunden bactericider Versuch.

Tabelle XV.

Aussaat: Staphylococcus pyogen. aureus.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 1 ccm Serum + 1 ccm NaCl-Lösung . . .	1 526	788	sehr viele	unzählige
2. desgl.	1 874	616	» »	»
3. 1 ccm activ. Serum + 1 ccm inactiv. Serum	2 098	2 226	unzählige	»
4. desgl.	1 908	2 353	»	»
5. 2 ccm inact. Serum .	1 780	5 396	»	»
6. 2 ccm Leucocytenflüssigkeit	1 967	3 243	591	»
7. desgl.	3 752	2 798	954	»
8. 1 ccm Leucocytenflüssigkeit + 1 ccm Serum	3 879	1 780	unzählige	»
9. desgl.	3 943	2 226	»	»
10. wie 8 u. 9 auf 55° erhitzt	2 098	2 734	»	»

Nach diesen Versuchen kann es zunächst nicht zweifelhaft sein, dass der Leucocytenflüssigkeit an sich, auch ohne Zumischung von Serum, ein starkes bactericides Vermögen innewohnt. Sie hat in allen Fällen die Keimzahl in fast gleichem Procentsatz vermindert, wie das unveränderte Serum, nur ist die Wirkung nicht, wie bei Serum, schon nach 3 Stunden bemerkbar, sondern erst nach 6 Stunden. Diese bactericide Wirkung ist durch den Gehalt an Serum, der höchstens $^3/_{10}$ der Leucocytenflüssigkeit betrug, nicht zu erklären, denn letztere hat stärker keimtödtend gewirkt, als das halb verdünnte Serum. Sie kann auch nicht auf einen zu geringen Gehalt der Flüssigkeit an Nährstoffen beruhen, denn in der erhitzten Leucocytenflüssigkeit hat ein uneingeschränktes Bacterienwachsthum stattgefunden. Nach den Versuchen V bis VIII hätte man aber vielleicht erwarten können, dass die Leucocytenflüssigkeit auch dem unver-

änderten Serum an Wirksamkeit überlegen sein würde. Zur Erklärung muss man hier meines Erachtens auf die Versuche Buchner's und seiner Mitarbeiter zurückgehen, welche dargethan haben, wie sehr die Wirksamkeit der bactericiden Stoffe von dem Gehalte der sie umgebenden Flüssigkeit an Salzen abhängig ist. Wir dürfen annehmen, dass das active, unveränderte Serum einmal ein besseres Extractions- und Lösungsmittel für die aus den Leucocyten kommenden bactericiden Stoffe darstellt und dass es in diesem Falle auch ein besseres Conservirungsmittel ist als die 0,7 proc. Kochsalzlösung, dass es vielleicht dasjenige Medium ist, in welchem die bactericiden Stoffe die grösste Wirksamkeit zu entfalten vermögen. Von diesen Gesichtspunkten aus ist wohl auch das Misslingen der Reactivirung des erhitzten Serums durch actives Serum bezw. Leucocytenflüssigkeit zu betrachten. Wie aus den drei Versuchen ersichtlich, lässt sich durch Zusatz von activem zu inactivem Serum zwar eine Entwicklungshemmung der Keime nach 3 Stunden feststellen, mitunter sogar auch eine geringfügige Verminderung, aber keine deutliche Abtödtung, und genau so verläuft auch der Process, wenn man inactives Serum mit Leucocytenflüssigkeit mischt. Vorläufig darf diese Thatsache allerdings nur für die hier benützte Staphylococcuscultur gelten. Einige Versuche mit anderen Bacterienarten, insbesondere mit Choleravibrionen — und das soll unten noch weiter erörtert werden — verliefen in etwas anderer Weise. Jedenfalls zeigt die Thatsache, dass eine Mischung von activem und inactivem Serum fast keine bactericide Kraft mehr entfalten kann, deutlich, dass die Alexine in dem inactiven Serum kein günstiges Medium finden, dass sie entweder vernichtet oder doch in ihrer Wirksamkeit beschränkt werden. Eine Vernichtung wäre denkbar, wenn z. B. durch die Erhitzung in dem Serum eine Umsetzung in den Salzen und Reactionsänderung einträte. Eine solche ist aber nach einer kurzen Andeutung, die Gürber[1]) gibt, nicht unmöglich. Dieser Punkt soll demnächst noch weiter verfolgt werden. Eine Einschränkung ihrer Wirksamkeit würden

2) Verhandl. der physical. medicin. Gesellschaft zu Würzburg. N. F. XXVIII. Bd. 1895.

die bactericiden Stoffe dadurch erfahren, dass in einer Mischung von activem und inactivem Serum die für die Bacterien geeigneten Nährstoffe den bactericiden Stoffen gegenüber prävaliren. Durch die Untersuchungen Buchner's, von Denys und Kaisin ist festgestellt, dass »die bacterienfeindliche Action bei gleicher Serum- und Bacterienart von der Serummenge abhängt, welche mit einer bestimmten Bacterienzahl in Contact geräth«. Steht eine grosse Menge von guten Nährstoffen gegenüber einer verhältnismässig kleinen Menge von Alexinen zur Verfügung, so ist es sehr wohl denkbar, dass nur ein Theil der Bacterien abgetödtet wird, ein anderer Theil sich vermehrt und die bactericiden Stoffe dann seinerseits vernichtet.

4. Versuche mit Vibrio-Choler. asiat.

Eine auffallende Thatsache, die schon oben angedeutet wurde, war die, dass die Cholerabacterien durch Leucocytenflüssigkeit, die mittelst Aleuronatbrei gewonnen war, nicht abzutödten waren. Dagegen reichten schon geringe Serummengen und auch sogar Mischungen von activem und inactivem Serum hin, um die Vibrionen zu vernichten. Das Serum tödtete selbst in 3- und 4facher Verdünnung noch Aussaaten von 3000 Keimen ab; bei einem Versuche am Hunde vernichtete auch das reichlich vorhandene peritoneale Exsudat noch in 3facher Verdünnung die Commabacillen, aber die Pfropfenflüssigkeit, durch Aleuronatbrei erzeugt, bewirkte höchstens 3 Stunden lang eine Entwicklungshemmung, nach 6 Stunden trat stets starke Vermehrung ein. Dabei bildeten sich stets flockige Gerinnsel in der Leucocytenflüssigkeit, die nicht aus Bacterien allein, sondern auch aus Eiweissniederschlägen bestanden. An diesem negativen Resultate änderte sich auch nichts, wenn die Pfropfen mit alcalisirter Kochsalzlösung nach Kronecker oder mit verdünntem Hühnereiweiss extrahirt wurden. Bei dem Versuche an einem Hunde wurden zwei Schwämme eingeführt, die vor der Einführung trocken, nach der Entnahme feucht gewogen wurden: sie hatten je um ca. 3 g zugenommen. Diese Zunahme ist jedenfalls zum allergrössten Theile auf die Durchtränkung mit dem in der

Bauchhöhle vorhandenen serösen Exsudate zu beziehen. Somit hätte, wenn keine sonstigen störenden Einflüsse vorhanden gewesen wären, die Pfropfenflüssigkeit, auf's 3fache verdünnt, ebenso stark bactericid wirken müssen, wie das entsprechend verdünnte peritoneale Exsudat. Die Pfropfenflüssigkeit tödtete nicht ab. Diese Versuchsanordnung liess vermuthen, dass die Unwirksamkeit der Leucocytenflüssigkeit gegenüber den Choleravibrionen ihren Grund in einer Einwirkung des Aleuronatbreies haben konnte, von dem immer geringe Reste in den Pfropfen zurückbleiben. Calabrese und Pansini[1]) haben unlängst gezeigt, dass ein geringer Zusatz von Traubenzucker zum Blutserum die bactericide Fähigkeit desselben wesentlich beeinträchtigt, und es war daher anzunehmen, dass namentlich die Stärke des Aleuronatbreies eine ähnliche Wirkung entfalten konnte. In dem folgenden Versuche wurde daher in den Proben 3 und 4 zum activen Kaninchenserum je ein Tröpfchen Aleuronatstärkebrei gegeben und die Aussaat in den gleichartigen Proben absichtlich ungleich gestaltet, um so die Wirkung bei kleiner und grosser Bacterienzahl verfolgen zu können.

Versuch XII.

Aussaat: Choleravibrionen.

Tabelle XVI.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm actives Serum .	1017	0	0	0
2. desgl.	2035	0	0	0
3. 2 ccm actives Serum + 1 gutt. Aleuronatbrei .	2289	98	24	unzählige
4. desgl.	954	25	17	»

Durch diesen Versuch wird allerdings schon bewiesen, dass eine beträchtliche Herabsetzung der bactericiden Kraft des Blutserums durch Zusatz kleiner Mengen Aleuronatbrei erzielt werden

1) Gazz. degli ospedali XV 1894, cit. nach Centralbl. f. Bacteriol. XVI 1894 S. 668.

kann, und dass demnach das Misslingen der Versuche, die Cholera durch Leucocytenflüssigkeit abzutödten, wenigstens theilweise darauf zurückzuführen ist. Aber das mit Aleuronat versetzte Serum hat doch immerhin noch ein ziemlich beträchtliches bactericides Vermögen geoffenbart und somit musste entschieden noch ein anderer Factor in den oben erwähnten, negativ verlaufenen Versuchen eine Rolle gespielt haben. Es war nur aufgefallen, dass auch im erhitzten Serum die Cholerabacillen häufig sich nicht so üppig vermehrten, als dies bei anderen Bacterienarten der Fall ist. Im folgenden Versuche wurde daher der Wachsthum der Commabacillen im inactivirten Serum mit der Entwicklung in einer guten Nährlösung, in Fleisch-Wasser-Pepton-Bouillon, verglichen. Die Aussaat wurde wieder in den gleichartigen Proben absichtlich ungleich gewählt.

Versuch XIII.

Aussaat: Bouilloncultur, Vibr. choler. as.

Tabelle XVII.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm erhitztes Serum	722	7 950	unzählige	unzählige
2. desgl.	1 144	10 621	»	»
3. 2 ccm Bouillon . .	699	15 963	»	»
4. desgl.	1 017	20 988	»	»

Demnach hätten sich also die Choleravibrionen in der Fleisch-Wasser-Pepton-Bouillon innerhalb von 3 Stunden beinahe doppelt so stark entwickelt wie im inactivirten Serum.

Man darf also den Schluss ziehen, dass das Serum an sich kein besonders günstiger Nährboden für die Commabacillen ist und dass die Ueberlegenheit, welche das Serum bei der Abtödtung der Commabacillen gegenüber der durch Aleuronatbrei erzeugten Leucocytenflüssigkeit gezeigt hatte, sich aus 2 Momenten zusammensetzt: einmal wird die Entwicklung der Bacterien in der Leucocytenflüssigkeit durch die geringe Beimischung von Aleuronatbrei begünstigt, andererseits beruht die hohe bactericide

Wirkung des Serums nicht auf einem grossen Alexingehalt, sondern auch zum Theil darauf, dass das Serum an sich kein geeigneter Nährboden für die Commabacillen ist.

Für die Richtigkeit dieser Auffassung konnte auch noch auf einem indirecten Wege der Beweis erbracht werden, nämlich dadurch, dass an Stelle des Aleuronatbreis ein anderes chemotactisches Mittel zur Erzeugung der Leucocytenflüssigkeit gewählt wurde. In den beiden folgenden Versuchen wurde eine sterilisirte 5proc. Lösung von zimmtsaurem Natron und eine sterilisirte 2proc. Papayotinlösung zur Tränkung der Wasserpfropfen benützt. Die Füllung der Schwämmchen mit Leucocyten ist bei Anwendung dieser Lösungen nicht ganz so stark wie bei Aleuronatbrei. Die Adhärenz der Pfropfen an der Darmwand ist auch eine geringere, es fehlt vor allem der Leucocytenmantel, welcher den Aleuronatpfropf in der Regel umgibt.

Versuch XIV.

Einem Kaninchen werden 2 kleine Schwämmchen, mit 5% Lösung von zimmtsaurem Natron getränkt, in die Bauchhöhle eingeführt. Nach 18 Stunden wird das Thier durch Verbluten getödtet, die Schwämmchen entnommen. Der Inhalt wird mit 10 ccm Kochsalzlösung verdünnt und in Eiskochsalzmischung zum Gefrieren gebracht. Nach 24 Stunden bactericider Versuch.

Tabelle XVIII.
Aussaat: Bouilloncultur von Choleravibrionen.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum . . .	2 989	0	0	0
2. desgl.	2 035	0	0	0
3. 2 ccm Serum auf 55° erhitzt	3 879	sehr viele	unzählige	unzählige
4. 2 ccm Leucocytenflüssigkeit	4 134	209	2	»
5. desgl.	3 752	616	10	»
6. wie 4 und 5 auf 55° erhitzt	3 816	sehr viele	unzählige	»

Versuch XV.

Einem Kaninchen werden 2 kleine Schwämmchen mit 2% Papayotinlösung in die Bauchhöhle eingeführt. Nach 17 Stunden wird das Thier durch Verbluten getödtet. Die Schwämmchen werden entnommen und der

Inhalt, mit 10 ccm Kochsalzlösung verdünnt, in Eiskochsalzmischung zum Gefrieren gebracht.

Tabelle XIX.

Aussaat: Vibr. choler. as.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum. . . .	4 006	0	0	0
2. desgl.	2 289	0	0	0
3. 2 ccm Serum auf 55° erhitzt	3 243	sehr viele	unzählige	unzählige
4. 2 ccm Leucocytenflüssigkeit	4 579	763	10	»
5. desgl.	4 706	101	0	0
6. wie 4 und 5 auf 55° erhitzt	4 197	sehr viele	unzählige	unzählige

Somit ist es also in der That möglich, wenn die Anwendung von Aleuronatbrei vermieden wird, Leucocytenflüssigkeiten zu erhalten, welche auch die Commabacillen abzutödten vermögen. Wenn die Wirkung der Flüssigkeit hinter der des Serums zurückblieb, so erklärt sich das aus dem oben Gesagten: das Serum ist eben an sich schon auch nach Zerstörung der Alexine, der Entwicklung der Commabacillen nicht günstig.

5. Mikroskopische Befunde.

Mit Rücksicht auf die in der Einleitung besprochenen Ansichten Haukin's über die Wichtigkeit der pseudoeosinophilen Granula der Leucocyten für die bactericide Wirkung des Blutserums erschien es von Interesse, auch in den vorliegenden Versuchen die Formen der Leucocyten, welche in den durch Aleuronat erzeugten Exsudaten bezw. Pfropfenflüssigkeiten auftreten, zu beobachten. So weit die bis jetzt angestellten Beobachtungen reichen — die Untersuchungen hierüber werden noch in Gemeinschaft mit Dr. Bunge fortgesetzt — handelt es sich in diesem Falle fast nur um polymorphkernige pseudoeosinophile Leucocyten, die sich mit Methylenblau und mit Eosin färben. Diese Thatsache ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass einmal im normalen Blute des Kaninchens diese Leucocyten-

art überhaupt überwiegt, dass ferner nach den Untersuchungen von Rieder[1]) auch bei der Leucocytose von Kaninchen, welche durch Injection von Bacterien- bezw. Pflanzenproteïnen erzeugt wird, fast ausschliesslich diese Zellenform auftritt. Was das Aussehen der Leucocyten im gefrorenen Exsudat anbetrifft, so fällt im ungefärbten Präparat namentlich die scharf contourirte Zeichnung der Leucocyten auf, die regelmässig rund in der Gestalt und vollkommen wohl erhalten erscheinen. Nur der Kern, der sich mit Methylenblau gut färbt, ebenso wie die Granulationen, erscheint mehr nach der Peripherie hin verrückt. Von einer besonders hervortretenden Abnahme der Granulationen nach dem Gefrieren haben wir uns bisher nicht überzeugen können.

6. Versuche mit Histonblut.

Geht man von der durch diese Versuche sehr wahrscheinlich gemachten Voraussetzung aus, dass die bactericiden Stoffe des Blutes bezw. Blutserums, die Alexine aus den Leucocyten stammen, so wären, da eine directe Phagocytose durch die Gefriermethode bei diesen Versuchen ausgeschaltet ist, zwei Wirkungsweisen der Leucocyten möglich. Einmal könnten die Leucocyten durch ihre Zerfallsproducte die Bacterien schädigen, oder aber, sie könnten Stoffe absondern, welche bacterienfeindlich wirken. Wäre die erste Voraussetzung richtig, so dürfte ein Blut, das die Lycocyten noch in unversehrtem Zustande enthält, nicht so stark bactericid wirken wie das Blut des gleichen Thieres, in dem die Leucocyten bereits zerfallen sind. Würden dagegen die Leucocyten die Alexine absondern, so müsste ein solches Blut mit unversehrten Leucocyten die gleiche oder noch stärkere bactericide Fähigkeit besitzen wie dasselbe Blut mit zerfallenen Leucocyten.

Von diesen Erwägungen ausgehend wurde das Lilienfeld'sche Histonblut auf seine bactericide Kraft geprüft. Lilienfeld[2]) hat aus den Leucocyten der Thymusdrüse einen

1) Beiträge zur Kenntnis der Leucocytose, Leipzig, F. C. W. Vogel 1892.
2) Zeitschr. f. physiolog. Chemie. Bd. XX Heft 1 und 2.

Eiweisskörper, das Nucleohiston, dargestellt, welcher beim Behandeln mit Salzsäure, mit Barythydrat oder Kalkhydrat in 2 Componenten zerfällt, das Leuconucleïn mit saurem, und das Histon mit basischem Charakter. Von diesen beiden Körpern hat der eine, das Histon, die Eigenschaft als salzsaures Salz in wässeriger, neutraler Lösung die Gerinnung des Blutes bei intra- und extravasculärer Beimischung zu verhindern. Für die nachfolgenden Versuche wurde das Histonchlorhydrat streng nach den Lilienfeld'schen Vorschriften, aus den klein gehackten Thymusdrüsen dargestellt. Da es sich nicht um eine Nachprüfung der Lilienfeld'schen Versuche, sondern nur um die Gewinnung des Histonblutes handelte, so soll hier nicht auf die Einzelheiten eingegangen werden. Bemerkt sei nur, dass es in der That mehrfach gelungen ist, das Blut des Kaninchens bis zur beginnenden Fäulnis flüssig zu erhalten, wenn man dasselbe sofort nach dem Austritt aus dem Gefäss mit einer 1 %igen Histonchlorhydratlösung im Verhältnis 3 (Blut):1 (Histonlösung) mischte. Das Blut blieb, falls sich nicht Bacterienkeime darin entwickelten, wochen- und monatelang flüssig. Die rothen Blutkörperchen setzen sich, wie Lilienfeld bereits angegeben hat, rasch zu Boden und es scheidet sich ein klares, schwach gelblich gefärbtes Plasma aus. Centrifugirt man das Blut gleich nach der Entnahme, so bildet sich — bei unsern Versuchen allerdings erst nach mehrstündigem Stehen im Eisschrank — auf der Säule der rothen Blutkörperchen eine feine weisse Haut, die, wie wir bestätigen können, zum grössten Theile aus Leucocyten besteht. Auch hier überwogen übrigens die polynucleären amphophilen Formen. Untersucht man das Blut nach der Entnahme, so sieht man Leucocyten mit amöboïder Bewegung, von deren Vorhandensein wir uns nach 24 Stunden allerdings nicht mehr mit voller Sicherheit überzeugen konnten. Jedenfalls sind im frischen Histonblut im Gegensatz zum defibrinirten und geronnenen Blut, die Leucocyten wohl erhalten. Die folgenden bactericiden Versuche gestatten daher mit einiger Sicherheit Schlüsse nach der oben angedeuteten Richtung zu ziehen. Nur ist es nöthig, neben der Plattenmethode auch die mikroskopische Controle in

Anwendung zu ziehen, weil es namentlich, wenn die Keime nicht rasch abgetödtet werden, auch im Histonblut zu Gerinnungen kommt, welche eine gleichmässige Vertheilung der Keime hindern. Auch scheint mitunter, vielleicht bei nicht genügendem Histonzusatze, das Histonblut bei Körpertemperatur zu gerinnen, auch ohne dass dasselbe inficirt ist.

Versuch XVI.

Einem Kaninchen wird aus der Carotis Blut entzogen, das zum Theil, direct aus dem Gefäss kommend, mit neutraler 1 proc. Histonchlorhydratlösung und zwar im Verhältnis 1:4 gemischt wird. Der bactericide Versuch wird sofort vorgenommen.

Tabelle XX.
Aussaat: Bac. Typh.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	699	1	0	0
2. desgl.	807	2	0	0
3. 2 ccm Histonblut . .	820	7	1	0
4. desgl.	725	1	0	0
5. 2 ccm 1proc. Histonlösung	858	183	183	3498

Versuch XVII.

Serum und Histonplasma vom gleichen Thiere wie XVI, 24 Stunden später geprüft.

Tabelle XXI.
Aussaat: Bac. Typh.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum . . .	807	0	0	0
2. desgl.	1062	0	0	0
3. 2 ccm Histonplasma .	826	0	0	0
4. desgl.	866	0	0	0
5. 2 ccm erhitztes Serum	941	sehr viele	unzählige	unzählige
6. 2 ccm erhitztes Histonplasma	954	2283	sehr viele	»

Versuch XVIII.

Einem Kaninchen wird Blut aus der Carotis entzogen und zum Theil mit Histonchlorhydratlösung in der oben angegebenen Weise gemischt. Histonblut und defibrinirtes Blut werden sofort miteinander verglichen.

Tabelle XXII.
Aussaat: Bac. Typhi.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm defibrin. Blut .	2 607	0	0	0
2. desgl.	2 671	0	0	0
3. 2 ccm Histonblut . .	1 780	0	0	0
4. desgl	1 717	0	0	0
5. defibr. Blut erhitzt .	2 098	30 528	sehr viele	unzählige
6. Histonblut erhitzt . .	2 763	50 880	» »	»

Versuch XIX.

Serum und Histonplasma vom gleichen Thier wie in Versuch XVIII, nach 24 Stunden geprüft.

Tabelle XXIII.
Aussaat: Bac. Typhi.

Inhalt der Proben	Colonienzahl auf den Platten			
	sofort nach Aussaat	nach 3 Stunden	nach 6 Stunden	nach 24 Stunden
1. 2 ccm Serum . . .	4 070	0	0	0
2. desgl.	3 474	0	0	0
3. 2 ccm Histonplasma .	4 642	0	0	0
4. desgl.	4 515	0	0	0
5. wie 3 und 4 auf 55° erhitzt	4 006	20 733	sehr viele	unzählige

In allen vorliegenden Versuchen hat das Histonblut bezw. Histonplasma die gleiche bactericide Wirksamkeit entfaltet, wie defibrinirtes Blut bezw. Serum desselben Thieres. Eine Phagocytose kommt dabei nicht in Betracht; denn das zellfreie Plasma hat ebenso gewirkt, wie das leucocytenhaltige Blut.

Das geringe bactericide Vermögen, welches die neutrale Histonlösung in Versuch XVI gezeigt hat, beruht vermuthlich nur auf Mangel an geeigneten Nährstoffen, besonders Salzen für

die Bacterien. Im Histonblute und Plasma kann sie keinesfalls eine Rolle spielen, dazu ist der Gehalt an Histonlösung in diesen Flüssigkeiten zu gering. Auch spricht die rasche Vermehrung der Keime in dem erhitzten Histonblut bezw. Plasma dagegen, dass die Wirkung von anderen Substanzen als Alexinen ausgegangen sei. Da aber hier nur das Verhalten der Histonflüssigkeiten gegenüber einer verhältnismässig leicht zu tödtenden Bacteriencultur geprüft wurde, so sollen noch keine bindenden Schlüsse aus den Ergebnissen gezogen werden.

7. Schluss.

Jedenfalls ist nach dem oben Gesagten durch diese Versuche wahrscheinlich gemacht, dass es nicht die Zerfallsproducte der Leucocyten sind, von denen die bactericide Wirkung des Blutes und Serums stammt, sondern dass es sich vielmehr dabei um Secretionsproducte der Leucocyten handelt, welche sie noch lebend absondern. Das ist aber keine Phagocytose im Sinne Metschnikoff's, denn zur Phagocytose ist die unmittelbare Gegenwart der lebenden Zelle erforderlich, während hienach das Vorhandensein der von ihnen abgesonderten Stoffe zur Tödtung der Bacterien hinreichen würde. Welches die nähere Natur dieser Stoffe ist, ist freilich noch unbekannt. Aber hat man deswegen ein Recht an ihrer Existenz zu zweifeln? Die Fermente hat auch noch Niemand in völlig reinem Zustande in der Hand gehabt. Wir wissen von ihnen nicht viel mehr als von den bactericiden Stoffen des Blutes, d. h. wir kennen ihre physiologische Wirkungsweise, ihr Verhalten zu physikalischen und chemischen Agentien und nehmen nach letzterem an, dass sie den Eiweisskörpern wenigstens nahe stehen. Und doch würde Niemand wagen, die Existenz des Pepsins oder Trypsins zu leugnen oder die Versuche, durch genaues Studium ihrer Wirkungsweise und ihres Verhaltens einen Einblick in ihre Natur zu gewinnen, von vornherein als fruchtlose zu bezeichnen. Gerade eine der exactesten der naturwissenschaftlichen Disciplinen, die physikalische Chemie, hat in neuerer Zeit angefangen, sich mit dem Studium der Enzyme zu be-

schäftigen, deren Existenz nicht viel besser bewiesen ist wie die der bactericiden Stoffe des Blutes. Freilich sind die Schwierigkeiten, welche sich einer Erforschung der letzteren entgegenstellen, viel grössere als bei den thierischen Fermenten. Die Prüfung der Enzyme erfolgt am todten, genau abzuwägenden Material. Die bactericiden Stoffe sollen ein lebendes, steter Vermehrung fähiges Material bewältigen, einen Factor also, dessen Grösse variabel ist und nur im gegebenen Zeitpunkte ermittelt werden kann. Schon die geringen Mengen, in der die Alexine allem Anschein nach im Blute vorhanden sind, gestaltet das Studium zu einem sehr mühevollen.[1])

Wenn aber, wie die hier niedergelegten Versuche es sehr wahrscheinlich machen, der Ursprung der bactericiden Stoffe in den Leucocyten zu suchen ist, — womit durchaus nicht gesagt ist, dass nicht auch andere Körperzellen wenigstens zu einem Theile an der Alexinabsonderung mitwirken können —, so dürfen wir die Hoffnung nicht aufgeben, die Alexinmenge und damit die natürliche Resistenz des Organismus auch durch Hervorrufung einer Leucocytose künstlich zu steigern. Und es scheint in der That, als ob diese Versuche nicht aussichtslos sind. Pawlowsky[2]) ist es gelungen, durch Injection von Papayotin Thiere von der Milzbrandinfection zu retten. Löwy und Richter[3]) haben durch wiederholte Injection von Spermin, Gewebsextracten und albumoseartigen Körpern Kaninchen von der Pneumococceninfection geheilt.

Diese wenigen Versuche haben natürlich noch keine absolute Beweiskraft. Sie zeigen aber immerhin, welch grossen Einfluss auf den Ablauf einer Infection die Hervorrufung einer Leucocytose haben kann. Dass eine solche durch an sich in-

1) Wenn allerdings, wie es nach den Versuchen von Daremberg und H. Buchner beinahe mit Sicherheit anzunehmen ist, die globulicide und die bactericide Action des Blutes durch die gleichen Stoffe bedingt sind, so würde man in der globuliciden Action ein verhältnismässig sicheres Mittel zur quantitativen Bestimmung der vorhandenen Alexinmenge besitzen.

2) Centralbl. f. Bacteriol. Bd. XVI S. 192 Congressbericht.

3) Deutsche med. Wochenschrift 1895 Nr. 15.

differente Organextracte, Eiweisskörper, z. B. Albumosen, hervorgerufen werden kann, ist durch Matthes[1]), Goldscheider und Jakob[2]) u. A. bewiesen worden. Dass sie sich, falls durch die Infection bereits eine Schädigung der Gewebe eingetreten ist, am locus minoris resistentiae localisiren kann, ist durch die Studien über die Tuberculinwirkung bekannt geworden. Es ist daher auch nothwendig, dass man sich da, wo man am Kranken die Wirkung der specifischen Antitoxine zu erforschen trachtet, darüber unterrichtet, wie viel von der Wirkung, die z. B. bei Diphtheriekranken auf Rechnung der Antitoxine gesetzt wird, der Einführung fremdartigen Serums zuzuschreiben ist.

Es müsste also zunächst z. B. auch festgestellt werden, ob Pferde- oder Hammelserum bei Diphtheriekranken eine Leucocytose hervorruft, wie dieselbe verläuft, ob sie sich am Orte der Schleimhauterkrankung localisirt oder ob sie sich generalisirt. Auf diesem Wege wäre es vielleicht möglich, noch eine schärfere Trennung zwischen der natürlichen Resistenz, die nach Buchner's Ansicht durch die Alexine bewirkt wird, und der specifischen Immunität, die ihre Entstehung der Einführung von Antitoxinen nach den herrschenden Ansichten verdankt, herbeizuführen.[3])

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Rudolf Rapp, Assistent im hygienischen Institut, für seine freundliche Hilfe bei den Thieroperationen zu danken.

1) Arch. f. klin. Medicin 1894 S. 39.

2) Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. XXV Heft 5 und 6.

3) Nach einer Mittheilung der »Aerztlichen Rundschau 1895« hat Dr. Bertin in Nantes bereits derartige Versuche mit Erfolg ausgeführt.

Ueber die Einwanderung des Typhusbacillus in das Hühnerei.

Von

Piorkowski
in Berlin.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die Frage, ob Bakterien durch die unverletzte Schale des Hühnereies spontan in das Innere des Eies eindringen können, wurde zuerst von Zörkendörfer[1]) experimentell studiert und in positivem Sinne beantwortet.

Zörkendörfer constatirte für einige saprophytische Bacterienarten die Möglichkeit der spontanen Durchwanderung durch die Eischale. Von der Erwägung ausgehend, dass dieser Thatsache gelegentlich grössere hygienische Bedeutung zukommen könnte, studierte Wilm[2]) die genannte Frage für den Choleravibrio im Speciellen.

Wilm fand, dass dieser pathogenen Bakterienart ebenfalls die Fähigkeit zukommt, die unverletzte Schale des Hühnereies zu durchwandern. Gleichzeitig constatierte Wilm diese Fähigkeit auch für das Bact. coli, sowie für einige Arten von Wasserbakterien.

Auf Anregung des Herrn Prof. Dr. Rubner, dem ich hierfür zu grossem Dank verpflichtet bin, nahm ich dieselbe Frage für den Typhusbacillus experimentell in Angriff.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, 1893, S. 373 bis 377.
2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXIII, 1895.

In Folgendem soll über die angestellten Versuche berichtet werden.

In einem ersten Versuche (A) wurde in der Weise vorgegangen, dass eine Anzahl Eier in steriles Peptonwasser, welches gleichzeitig mit Typhusbacillen geimpft war, eingebracht wurden.

Versuch A.

Einige Glascylinder (12 Stück) von 15 cm Länge und 4,5 cm Lichtweite werden nach gründlicher Reinigung und Austrocknung mit Peptonwasser beschickt (etwa dem sechsten Theil ihres Inhalts entsprechend), das auf die übliche Weise durch Lösen von 10,0 Pepton, 5,0 Na Cl in 1000,0 Wasser hergestellt war.

Das benutzte Witte'sche Pepton ist ein ziemlich stark alkalisches Präparat, so dass seine Lösung sofort einen alkalisch reagirenden Nährboden darstellt.

Nach dessen Sterilisation, die durch dreimaliges, je 20 Minuten währendes Erhitzen im Dampftopf bewerkstelligt wurde, wurde mittels ausgeglühter Drahtschlinge in jeden der Cylinder ein Hühnerei eingebracht; die Eier waren auf folgende Art behandelt worden:

Mit Seife, Wasser und Bürste säuberlich gewaschen, wurden sie eine Stunde lang in $^1/_{10}$% Sublimatlösung, die einen Zusatz von $^1/_2$% Salzsäure enthielt, gelegt und mit Alkohol und Aether gehörig nachgespült.

Nunmehr wurde das in den Cylindern befindliche Peptonwasser mit einer Typhusagarcultur, die aus der Sammlung des hygienischen Instituts stammte, geimpft und einer Temperatur von 37° C. im Brütschrank ausgesetzt.

Nach 48 Stunden einer Besichtigung unterzogen, zeigte sich der Inhalt der Cylinder theils klar, theils getrübt, zum Theil von sehr üblem Geruch.

Das klar gebliebene Peptonwasser wies bei der Untersuchung im hängenden Tropfen keinerlei Bacterien auf; die betreffenden Eier wurden von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen; ebenso wurde mit denjenigen verfahren, bei denen das Peptonwasser übelriechend war.

Es wurden also nur jene Eier weiter verwendet, bei denen das Peptonwasser trübe und nicht übelriechend war und im hängenden Tropfen Bacterien erkennen liess.

Letztere stellten kurze, plumpe, lebhaft eigenbewegliche Stäbchen dar, es fanden sich hier aber auch anders gestaltete Formen.

Die genannten Eier wurden aus den Cylindern entfernt, indem man sie in bereitstehende Sublimatlösung (wie oben) gleiten liess. Nach einstündiger Lagerung wurden sie wiederum mit Seife, Wasser und Bürste gereinigt und zum Trocknen gebracht. Hierauf wurden die Pole jedes Eies mit einem stark erhitzten Skalpell bis zur Schorfbildung sterilisirt und mit den abgeglühten Enden einer Pincette Löcher gebohrt, worauf der Inhalt in Erlenmeyer'sche Kölbchen entleert wurde, die natürlich ebenfalls sterilisirt waren.

Im Ganzen gelangte so der Inhalt von 3 Eiern zur weiteren Prüfung. Die Kölbchen wurden mit I, II und III bezeichnet.

Von dem Inhalt eines jeden derselben wurden Gelatineplatten angelegt, in der Weise, dass je 3 Oesen Weissei's, resp. Gelbei's zur Herstellung derselben benützt wurden.

Die Ausstrichpräparate, die aus dem Inhalt der 3 Eier nebenbei noch hergestellt waren (mit Aether entfettet und mit Methylenblau gefärbt), ergaben als Resultat das Bild kleiner und grosser Bacillen.

Von den Platten liessen die des Eies No. I Nichts zur Entwicklung gelangen, die des Eies No. II zeigten einige, die von No. III zahlreiche Colonien.

Solche, die mit Typhusbacillencolonien Aehnlichkeit hatten, wurden auf keiner der Platten gefunden.

Der beschriebene Versuch hat also die Anwesenheit von Typhusbacillen in den Versuchseiern nicht ergeben.

War eine Durchwanderung der Eischaale seitens der Typhusbakterien in dem geschilderten Versuche nicht erfolgt, so konnte dies eventuell darin seinen Grund haben, dass die gleichzeitig mit den Eiern in das Peptonwasser eingebrachten Typhusbacillen sich in dem Peptonwasser — in Folge der Concurrenz anderer, zufällig mit eingebrachter Bakterien — überhaupt nicht genügend hatten entwickeln können. Es wurde desshalb ein zweiter Versuch (B) angestellt, welcher sich dadurch von dem ersten unterschied, dass die Eier in bereits fertig entwickelte Typhuscultur eingebracht wurden.

Versuch B I.

Aehnlich, wie beim vorhergehenden Versuch wurden 6 Eier mit Seife, Wasser und Bürste gereinigt und 1 Stunde in 1‰ Sublimatlösung gelegt.

Hierauf wurden die Eier für $^1/_2$ Stunde in absolutem Alkohol untergebracht, mit Aether überspült und mittelst der Drahtschlinge in je einen hohen Glascylinder (wie bei Versuch A) gebracht, der ein am Tage vorher mit Typhusbacillen inficirtes Peptonwasser enthielt.

Die Cylinder mit den Eiern wurden in den Brütschrank (37°) gestellt.

Die Peptonwasserculturen waren im hängenden Tropfen untersucht worden, wobei das Vorhandensein beweglicher Stäbchen constatirt worden war.

Von den Cylindern, die mit den Eiern 48 Stunden im Brütschrank bei 37° gestanden hatten, konnten ausser einem, in welchem das Ei geplatzt war, sämmtliche 5 weiter verwendet werden. Das Peptonwasser hatte sich in 4 Cylindern stärker getrübt, während sich in dem fünften eine graue Haut auf der Oberfläche festgesetzt hatte und das Wasser selbst stark faulig roch.

Die 5 Eier wurden wieder in Sublimatlösung, wie früher angegeben, gebracht und nach 1 Stunde mit Bürste, Seife und Wasser gereinigt.

Nachdem hierauf 2 dieser Eier für weitere Versuche in dem Brütschrank untergebracht waren, wurde der Inhalt von den anderen 3, nämlich von 2 aus getrübtem Peptonwasser ohne Geruch und von einem aus fauligem Pepton-

wasser, nach Oeffnung der äusserlich sterilisirten (wie bei Versuch A durch Abglühen mit glühendem Messer) Pole in 3 sterile Petrischälchen entleert; und zwar wurde mit No. I bezeichnet: das, gut erhaltenes Gelbei, mit trübem Weissei enthaltende Schälchen, mit No. II: das völlig gut erhaltene Ei, mit No. III: das übelriechende.

Sowohl von dem Gelbei, wie von dem Weissei wurden Peptonwasserröhrchen, schräg erstarrte Agarröhrchen und Traubenzuckeragarröhrchen geimpft, wie auch Gelatineplatten angelegt.

Nach 24 Stunden (Brütschrank) zeigte sich in allen Röhrchen Wachsthum; nach 48 Stunden machten sich die ersten Anzeichen von auftretenden Colonien auf den Gelatineplatten bemerkbar, und nach weiteren 24 Stunden konnte man typhusähnliches Wachsthum wahrnehmen.

Die Klatschpräparate, die von den Originalplatten der beiden Eier hergestellt wurden, welche im getrübten, nicht riechenden Peptonwasser gelegen hatten, liessen ausschliesslich typhusähnliche Bacterien sehen, während das, von der Originalplatte des aus dem fauligen Peptonwasser stammenden Eies, gewonnene Klatschpräparat neben typhusähnlichen Bacillen auch anders gestaltete Bacterien aufwies.

Auch die Untersuchung des Materials der Colonien im hängenden Tropfen ergab typhusähnliche Bacterien.

Zur sichereren Diagnose wurden nun noch von den ersten Verdünnungsplatten aller 3 Eier, die isolirte Colonien zeigten, Gährungskölbchen geimpft, (die 2% Traubenzuckerbouillon enthielten) und nachdem diese, die 24 Stunden lang dem Brüteschrank bei 37° übergeben waren, sich gleichmässig getrübt zeigten, keine Gasbildung aufwiesen und saure Reaction erkennen liessen, konnte mit Bestimmtheit auf die Identität der Typhuscolonien geschlossen werden; denn alle die festgestellten Thatsachen waren Anzeichen dafür, dass wir es mit Colonien zu thun hatten, die vollkommen den Anforderungen entsprechen, die an eine Typhuscultur gestellt werden.

Versuch B II.

Von den inzwischen 3 Wochen im Brütschrank gelagerten Eiern, die sowohl vor, als nach dem Einlegen in das mit Typhusbacillen inficirte Peptonwasser mit Sublimat, Alkohol und Aether behandelt waren, wurden nach steriler Entnahme von je 3 Oesen des Inhalts mit dem letzteren Gelatineplatten gegossen.

Gleichzeitig angelegte Ausstrichpräparate (mit Aether entfettet und mit Methylenblau tingirt), wiesen kurze Stäbchen auf; ebenso fanden sich im hängenden Tropfen solche von lebhafter Eigenbeweglichkeit.

Die Platten liessen nach 72 Stunden im Original und der ersten Verdünnung typhusverdächtig aussehende Colonien erkennen; davon hergestellte Klatschpräparate zeigten eng aneinander liegende, kurze, am Ende abgerundete Stäbchen.

Nachdem nach 96 Stunden auch die II. Verdünnungsplatte verdächtige Colonien aufkommen liess, wurden von I und II Gährungskölbchen geimpft und Colonien der Platte II auf Agar-Agar, Nährbouillon und Kartoffelnährboden übertragen.

Wie sich nach 24 Stunden ergab, waren die bei 37° gehaltenen Gährungskölbchen gleichmässig getrübt und von saurer Reaction.

Die angelegten Agar- und Nährbouillonröhrchen, die 48 Stunden im Thermostaten bei 37° gestanden hatten, zeigten Wachsthum und Trübung.

Die Kartoffelfläche liess makroskopisch höchstens einen schwachen, feuchten Belag erkennen, bei Berührung desselben mit der Platinnadel schien es, als wenn die gesammte Oberfläche von einer zusammenhängenden Haut überzogen wäre.

Die Ausstrichpräparate hiervon, wie von Bouillon und Agar hatten typisches Aussehen.

Ausserdem ergab auch die Nitrosoïndolprobe, die durch Lösung von Kaliumnitrit in Wasser (0,1 auf 500,0), Vermischung von 1 ccm dieser Lösung mit 10 ccm der zu prüfenden Bouilloncultur und vorsichtige Unterschichtung von einigen Tropfen reiner Schwefelsäure bewerkstelligt wurde, ein negatives Resultat, insoferne die Berührungsstelle der Flüssigkeit ungefärbt blieb, während bei einem Controlversuch, der auf dieselbe Art mit einer Bacter. coli-Bouillon unternommen wurde, an der Berührungsstelle sehr bald die rothviolette Färbung sich einstellte.

Endlich wurde von der Agaroberfläche eines der oben besprochenen Röhrchen ein Geisselfädenpräparat nach der Löffler-Günther'schen Methode mit Ferrotannat-Fuchsin-Beize und Gentianaviolett-Färbung hergestellt und viele an den Wandungen der Bacillen haftende Geisselfäden constatirt.

Es ist durch diesen Versuch ebenso wie durch den vorigen also der Nachweis geführt, dass der Typhusbacillus die Schale des Hühnereies zu durchwandern und in das Innere des Eies einzudringen vermag.

Um eventuell etwas über die Zeit zu erfahren, die der Typhusbacillus braucht, um die Schale des Hühnereies zu durchwandern, wurde der folgende Versuch (C) angestellt:

Versuch C.

Vier frische Eier wurden in der gewöhnlichen Weise mit Seife, Wasser und Bürste gereinigt, mit Leitungswasser gehörig abgewaschen, mit sterilisirtem Wasser nachgespült und endlich zum Trocknen unter eine Glasglocke gebracht, wo sie 24 Stunden, mit einer durch Bleistift gekennzeichneten Stelle nach oben gelegt, verweilten.

Inzwischen wurde eine Quantität frischer Typhusbouilloncultur (abgeimpft von einer frischen-Typhus-Agar-Cultur) hergestellt und nach 24 stündiger Entwickelung in 4 Uhrgläschen vertheilt, die in der Gasflamme sterilisirt und nach dem Erkalten in feuchte Kammern untergebracht waren; durch die Untersuchung im hängenden Tropfen war nachgewiesen, dass die Bouilloncultur eine Reincultur lebhaft beweglicher Stäbchen darstellte.

In diese 4 Uhrschälchen wurden nun, und zwar mit der bezeichneten Stelle (siehe oben) nach unten, die 4 vorbereiteten Eier gelegt; 2 Eier wurden bei 21° und 2 Eier bei 37° bei Seite gestellt.

In den darauf folgenden Tagen, und zwar nach 24 Stunden, ferner nach 48, 72 und 96 Stunden, wurden alternirend bald von dem bei 21°, bald von dem bei 37° stehenden Ei, Gelatineplatten gegossen.

Weiterhin vorgenommene Untersuchungen dieser Platten, die zahlreiche Bakteriencolonien aufkommen liessen, hatten bezüglich der Anwesenheit von Typhuscolonien durchaus negative Resultate.

Es war hieraus zu schliessen, dass der Typhusbacillus bei keinem der 4 Versuchseier die Schale durchwandert hatte.

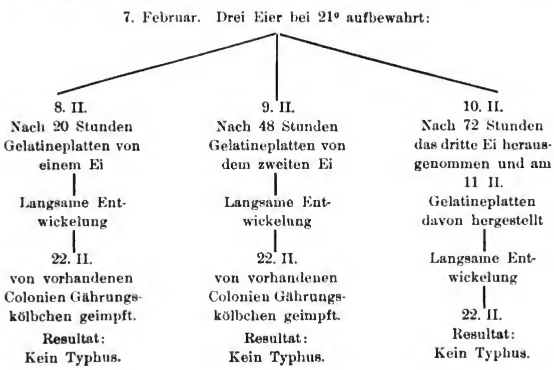
Der Versuch wurde in etwas modificirter Form (D) wiederholt:

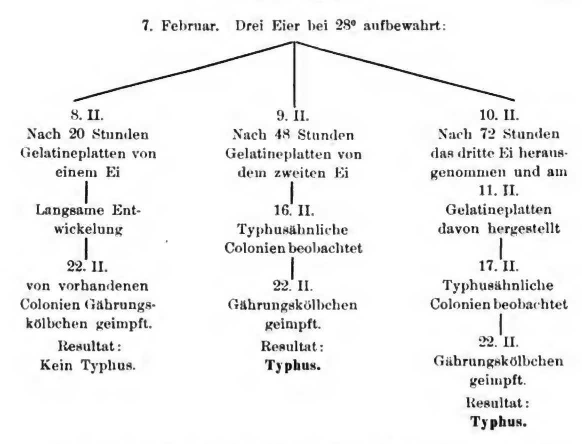
Versuch D. 7. Februar.

Sechs Eier wurden an einer mit Bleistift bezeichneten Stelle mit einer Bürste gereinigt, die 10 Minuten lang in einer 1% siedenden Sodalösung gelegen hatte und noch heiss angewendet wurde; die Eier wurden darauf mit sterilem Wasser abgespült und unter einer Glasglocke getrocknet.

Sie wurden dann, mit der gekennzeichneten Stelle nach unten, in sterilisirte Petrischälchen gebracht, die eine, einen Tag vorher frisch angelegte Typhusbouilloncultur beherbergten. Diese Schälchen wurden zu je 3 in feuchten Kammern untergebracht, von denen eine einer Temperatur von 21°, die andere einer solchen von 28° ausgesetzt wurde, behufs weiterer Entwickelung der Culturen.

Die weiteren, mit diesen Eiern angestellten Versuche und ihre Resultate ergibt die folgende Tabelle:





Aus diesem Versuche wäre der Schluss zu ziehen, dass der Typhusbacillus bei 28° besser durch die Eischale hindurchwandert als bei 21°.

Um über die Localität der Eingangspforten, welche der Typhusbacillus bei seiner Wanderung durch die Eischale benutzt, eventuell Kenntnis zu erlangen, wurde folgender Versuch angestellt:

Versuch E.

Zwei Eier wurden, wie bei den vorhergehenden Versuchen, mit Seife, Wasser und Bürste gereinigt, eins davon noch für eine Stunde in Sublimatlösung (1:1000) gelegt.

Nachdem darauf beide Eier, sowohl das mit Sublimat behandelte, wie das andere, mit sterilisirtem Wasser überspült waren, wurden sie zunächst an den beiden Polen durch Abbrennen (mit glühendem Messer) sterilisirt, dann mit sterilem Instrument geöffnet, ausgeblasen und nach Verschluss der einen Oeffnung mit sterilem Seidenpapier und Collodium mittels eines Capillaren-Trichters, welcher aus einem sterilisirtem Reagenzglase durch Ausziehen in der Flamme hergestellt war, mit geschmolzener, steriler Gelatine gefüllt.

Darauf wurde auch die andere Oeffnung mit Seidenpapier und Collodium verschlossen.

Nun wurde das vorher in Sublimatlösung befindlich gewesene Ei wiederum für eine Stunde in solcher untergebracht.

Darauf wurden beide Eier, nach Abspülung mit sterilem Wasser in Schälchen gelegt, welche eine 24 Stunden alte Typhusbouillon enthielten; die Schälchen wurden dann bei 21° C. aufbewahrt.

Nach 3 Tagen wurden die beiden Gelatine-Eier aus der Typhusbouillon entfernt; dasjenige, welches mit Sublimat nicht in Berührung gekommen war, wurde mit 1% Sodalösung abgewaschen; das andere wieder mit Sublimat behandelt durch einstündige Lagerung in 1‰ Sublimatlösung; beide wurden dann bei 21° bei Seite gestellt.

Nach Verlauf von weiteren 14 Tagen wurde die Schale der Eier entfernt; die Gelatinemasse war fest geblieben, sie zeigte bei dem Sublimatei, gegen das Licht gehalten, viele localisirte Trübungen, die der Oberfläche aufsassen. Man konnte hier an der Art und Weise der localen Vertheilung der Colonien deutlich den Verlauf des Wachsthums erkennen, der von dem unteren Rande, das heisst der Stelle, mit dem das Ei in der inficirten Bouillon gebettet war, ausgegangen war.

Das ohne Sublimat in Angriff genommene Gelatineei war durch einen dichten, grünen Belag stark verunreinigt und musste verworfen werden.

Von dem brauchbaren Gelatineei wurde zunächst ein Klatschpräparat (Tangentialebene) hergestellt; dasselbe wies meistentheils grosse Mikrococcen auf, neben vereinzelten Stäbchen.

Ferner wurden von dem Bacterienbelag der Gelatinemasse Gelatineplatten hergestellt. Typhusähnliche Colonien kamen auf denselben nicht zur Beobachtung.

Eine Durchwanderung des Typhusbacillus durch die Eischale hatte in diesem Versuche also nicht stattgefunden.

Die Reihe der vorher besprochenen Versuche wurde mit einem Controllversuche (F) beschlossen, der gleichzeitig mit Bact. coli, Cholera und Typhus unternommen wurde.

Versuch F.

Zwölf Eier wurden mit Seife, Wasser und Bürste gereinigt, 6 hiervon in Sublimatlösung (1:1000) 1 Stunde lang untergebracht und nach Spülung mit sterilem Wasser zu je 2 in sterile Schälchen gelegt, welche 24 Stunden alte Bouillonculturen von Bacter. coli, resp. Cholera und Typhus enthielten.

Die anderen 6 Eier wurden in derselben Weise behandelt, mit dem einzigen Unterschiede, dass sie nicht mit Sublimatlösung in Berührung kamen.

Alle 12 Eier wurden bei 28° im Thermostaten bei Seite gestellt.

In den darauffolgenden Tagen wurden, und zwar nach 48, und nach 72 Stunden von ihrem Inhalte Gelatineplatten hergestellt.

Auf keiner der angelegten Gelatineplatten war es hinterher möglich, Colonien zu entdecken, welche den bei den resp. Versuchen benutzten Bacterienarten zugerechnet werden konnten.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Aus den referirten Versuchen geht hervor, dass ebenso, wie dies bereits für einige saprophytische Bakterienarten und für den Choleravibrio festgestellt war — auch dem Typhusbacillus die Fähigkeit zukommt, unter geeigneten Bedingungen die unverletzte Schale des Hühnereies zu durchwandern und in das Innere des Eies einzudringen.

Was die Temperaturverhältnisse angeht, so wurde festgestellt, dass die Durchwanderung besser bei 37° und bei 28° stattfindet als bei 21° C.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, auch Herrn Dr. Günther, der mich bei der Ausführung der Arbeit in liebenswürdigster Weise unterstützte, meinen Dank auszusprechen.

Die Gerinnung der Albuminstoffe des Fleisches beim Erhitzen.

Von

J. H. Milroy.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Ich habe in meiner Arbeit die Menge der coagulirten und nicht coagulirten Albuminstoffe in Fleischsorten, welche in verschiedener Weise zubereitet resp. auf bestimmte Temperaturen erhitzt wurden, quantitativ zu bestimmen versucht. Ich suchte zu ermitteln, wie viel von den gesammten Albuminstoffen in einigen Fleischsorten uncoagulirt bleiben, nachdem das Fleisch eine bestimmte Zeit auf bestimmte Temperaturen erhitzt worden ist.

Verfahren.

Von ungefähr einem halben Pfund fettfreiem und fein zerhacktem Fleisch wurden ca. 100 g auf zehn Portionen vertheilt und in kleine Bechergläser gebracht. Neun dieser kleinen Bechergläser wurden in grösseren, halb mit Wasser gefüllten Gefässen auf dem Wasserbad eine Stunde auf die bestimmten Temperaturen (50° bis 100°) erhitzt. Das zehnte Becherglas wurde in der gleichen Weise im Autoclaven bis auf 120° erwärmt. Nach dem Abkühlen wurde das Fleisch mit 50 ccm 15 proc. NH_4Cl-Lösung digerirt, hierauf filtrirt und das gemessene Filtrat bis zum Sieden erhitzt. Nach dem Abkühlen wurde durch ein gewogenes Filter filtrirt, der Niederschlag zur Entfernung des NH_4Cl mit Wasser und zum Schluss mit Alkohol und Aether

gewaschen. Hierauf wird Filter und Niederschlag zuerst bei niedriger Temperatur, später bei 115° bis zur Gewichtsconstanz getrocknet.

Durch dieses Verfahren erhalten wir die Menge der nicht coagulirten in NH_4Cl löslichen Albuminstoffe.

Ein Theil von dem frischen Fleisch wurde ohne vorhergehendes Erhitzen mit NH_4Cl extrahirt und, wie oben angegeben, weiter behandelt, um festzustellen, wie viel aus demselben von dem NH_4Cl extrahirt werden konnte.

Bevor ich auf die in den Tabellen zusammengestellten Werthe näher eingehe, halte ich es für nothwendig, zunächst die folgenden beiden Fragen zu beantworten.

1. Extrahirt NH_4Cl die Albuminstoffe aus dem Fleisch in denselben Mengenverhältnissen, mag das Fleisch vor der Extraction auf verschiedene Temperaturen (50°—120°) erhitzt worden sein oder nicht?

Eine Reihe von Versuchen haben ergeben, dass eine zweistündige Extraction 10 g frisches, vorher nicht erhitztes Fleisch annähernd erschöpft, indem nach drei-, vier- oder fünfstündiger Einwirkung von NH_4Cl nur sehr geringe Mengen von Eiweissstoffen erhalten wurden.

Was die Menge der extrahirten Eiweissstoffe anbelangt, so wurde von dem nach zweistündiger Extraction erhaltenen Quantum ca. $^4/_5$ in der ersten Stunde erhalten. Bei der Extraction von vorher erhitztem Fleisch war die Menge der ersten Stunde etwas geringer, $^3/_5$—$^4/_5$ der nach zweistündiger Extraction erhaltenen Gesammtmenge.

In frischem, erhitztem wie nicht erhitztem Fleisch, wird also das Maximum an Eiweiss bereits während der ersten Stunde extrahirt.

2. Die zweite Frage wäre: Können durch einstündiges Erhitzen alle coagulirbaren Eiweissstoffe in 10 g Fleisch zur Gerinnung gebracht werden? Nach meinen Versuchen reicht diese Zeit völlig aus, alle coagulirbaren Eiweissstoffe in 10 g Fleisch zu coaguliren. Ich fasse die erhaltenen Resultate in folgenden Tabellen zusammen.

Tabelle I.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe in drei verschiedenen Sorten von frischem Rindfleisch.

	Extrahirte Mengen %. Wasserfrei[1])			Coagulirte Mengen %[2])		
Temperatur	Erste Sorte	Zweite Sorte	Dritte Sorte	Erste Sorte	Zweite Sorte	Dritte Sorte
50°	10,55%	8,44%	9,93%	55,10%	45,95%	47,46%
60°	7,00 »	5,51 »	5,89 »	74,47 »	64,37 »	68,84 »
70°	2,16 »	0,89 »	1,60 »	90,81 »	90,66 »	91,01 »
80°	0,10 »	0,00 »	0,16 »	99,58 »	100,00 »	99,11 »
90°	0,00 »	0,00 »	0,00 »	100,00 »	100,00 »	100,00 »
100°	0,00 »	0,00 »	0,00 »	100,00 »	100,00 »	100,00 »
120°	0,00 »	0,00 »	0,00 »	100,00 »	100,00 »	100,00 »
Aus nicht erhitztem Fleisch .	23,50 »	14,00 »	18,90 »			

1. Bei 50° sind 40—50 % der durch NH_4Cl extrahirbaren Eiweissstoffe coagulirt.

2. Bei 60° sind 65—70% derselben Eiweissstoffe coagulirt.

3. Bei 70° ca. 90 %.

4. Bei 80° ca. 98—99 %.

5. Bei 90° und 100° sind alle durch NH_4Cl extrahirbaren Eiweissstoffe coagulirt.

6. Bei 120° sind auch 100 % derselben coagulirt.

Beim Erhitzen unter Druck wurden die coagulirten Eiweissstoffe nicht wieder gelöst.

Schinken.

Frischer, fettfreier Schinken wurde in derselben Weise behandelt. Die Resultate gibt Tabelle II (S. 153) wieder.

1. Die extrahirten Mengen im frischen Schinken betragen nur etwa die Hälfte von denen im frischen Rindfleisch.

2. Bei 50° ist ungefähr dieselbe Menge an extrahirbaren Eiweissstoffen coagulirt wie in Rindfleisch.

3. Bei 60° ist ca. 55 %, folglich weniger als in Rindfleisch, coagulirt.

1) Auf 100 Thl. Fleisch berechnet.

2) Auf die Menge löslicher Stoffe berechnet.

4. Bei 70° betragen die coagulirten Eiweissstoffe 95%, eine Menge, welche die Quantität der bei gleicher Temperatur aus dem Rindfleisch erhaltenen coagulirten Albuminstoffe übertrifft.

5. Bei 80°, 90°, 100° und 120° sind alle Eiweissstoffe coagulirt.

Tabelle II.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe im Schinken.

Wasserfrei berechnet.

Temperatur	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
50°	5,04%	45,87%
60°	4,26 »	54,25 »
70°	0,44 »	95,28 »
80°	0,08 »	99,15 »
90°	0,00 »	100,00 »
100°	0,00 »	100,00 »
120°	0,00 »	100,00 »
Aus nicht erhitztem Schinken	9,31 »	

Eingesalzenes Rindfleisch.

Frisches Rindfleisch wird in Portionen von ca. 200 g getheilt und in 5proc. NaCl-Lösung acht Tage im Eisschrank stehen gelassen. Alle zwei Tage wurde das Fleisch gewendet. Am neunten Tage wurden die Stücke herausgenommen, getrocknet und wieder einen Tag in den Eisschrank hineingelegt. Darauf wurde das Fleisch in derselben Weise wie frisches Rindfleisch und Schinken behandelt. Alle Theile, die ich untersucht habe, waren aus der Mitte herausgeschnitten. Das Fleisch war roth in der Farbe, geruchlos und von sehr schwachsalzigem Geschmack.

Aus Tabelle III ersieht man die folgenden Unterschiede zwischen frischem und eingesalzenem Rindfleisch, nachdem beide in derselben Weise erhitzt und extrahirt worden sind.

Erstens: Aus dem eingesalzenen, nicht erhitzten Fleisch sind nur ca. 13% extrahirt worden. (Aus frischem Rindfleisch konnten 18–22% extrahirt werden.)

Zweitens: Nachdem beide Fleischsorten erhitzt worden waren, waren die Werthe der extrahirbaren Mengen im eingesalzenen Fleisch bei allen Temperaturen niedriger.

Tabelle III.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe im eingesalzenen Rindfleisch.

Temperatur	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
50°	4,98%	63,55%
60°	2,18 »	84,04 »
70°	0,64 »	95,32 »
80°	0,00 »	100,00 »
90°	0,00 »	100,00 »
100°	0,00 »	100,00 »
120°	0,00 »	100,00 »
Aus nicht erhitztem eingesalzenen Rindfleisch	13,66 »	

Aus den Tabellen, die die coagulirten Werthe geben, ergibt sich auch, dass verhältnismässig mehr Albuminstoffe in eingesalzenem wie in frischem Rindfleisch bei 50°, 60°, 70°, 80° coagulirt wurden. Aus den erhaltenen Resultaten kann man indessen nicht schliessen, dass die Albuminstoffe im eingesalzenen Fleisch bei niedrigeren Temperaturen coagulirt wurden als im frischen Fleisch, weil es wahrscheinlich erscheint, dass die Einwirkung des NaCl auf die Eiweissstoffe bei verschiedenen Temperaturen keine gleichmässige sein dürfte.

Gebratenes Rindfleisch.

Zunächst wurde eine Portion frisches Fleisch bei verschiedenen Temperaturen (50° — 120°) untersucht, um später die Werthe mit den aus gebratenem Fleisch erhaltenen vergleichen zu können. Das Rindfleisch wurde stark und schwach gebraten (deutsche und englische Weise). Von dem schwach gebratenen Fleisch wurden aus der oberflächlichen, mittleren und der zwischen beiden gelegenen Schicht Stücke entnommen, zerhackt, mit NH_4Cl extrahirt und, wie früher angegeben, weiter behandelt.

Alle in Tabelle IVa u. b angegebenen Werthe beziehen sich auf wasserfreie Substanz.

Von dem stark gebratenen Fleisch wurde nur die innere Schicht auf die durch NH_4Cl extrahirbaren Albuminstoffe untersucht.

Die Resultate sind in den Tabellen IVa und b zusammengestellt.

Tabelle IVa.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe des gebratenen Rindfleisches.

Der Grad des Bratens	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
Schwach gebratenes Fleisch.		
a) Innere Schicht	13,08%	42,56%
b) Aeussere Schicht	5,21 » und 4,74 (anderer Theil)	77,12 »
c) Die zwischen beiden gelegene Schicht	11,14%	51,08 »
Stark gebratenes Fleisch.		
a) Innere Schicht	0,13 »	99,19 »
b) Aeussere Schicht	0,11 »	

Tabelle IVb.

Dasselbe Rindfleisch in frischem Zustande auf bestimmte Temperaturen erhitzt.

Temperatur	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
50°	12,34%	45,58%
60°	7,85 »	65,53 »
70°	2,49 »	89,07 »
80°	0,39 »	98,29 »
90°	0,00 »	100,00 »
Aus nicht erhitztem Fleisch	22,77 »	

Aus der Zusammenstellung ersehen wir:

Erstens: Aus der Mitte des schwach gebratenen Fleisches lässt sich mit NH_4Cl etwa dieselbe Menge an Eiweissstoffen extrahiren wie aus einem Fleisch, welches eine Stunde lang auf 50° erhitzt worden war.

Damit ist nicht gesagt, dass im Inneren des schwach gebratenen Fleisches die Temperatur nicht höher gewesen wäre, als 50°. Wegen der kurzen Dauer des Erhitzens sind aber doch nicht mehr Eiweissstoffe coagulirt worden als in einem Fleisch, das bei 50° eine volle Stunde erhitzt wurde.

Zweitens: In den äusseren Theilen desselben Fleisches war circa dieselbe Menge coagulirt worden wie im frischen Fleisch nach einstündigem Erhitzen auf 60°.

Drittens: Aus stark gebratenem Fleisch konnte eine sehr kleine Menge extrahirt werden. Es waren demnach die durch NH_4Cl extrahirbaren Eiweissstoffe fast vollständig coagulirt.

Essigsaures Rindfleisch.

Eine Portion desselben Fleisches wurde mit Essigsäure fünf Tage lang stehen gelassen. Am sechsten Tage wurde die saure Lösung abgegossen und das Fleisch in folgender Weise weiter behandelt. Um festzustellen, wie tief die Säure in das Fleisch eingedrungen war, wurden die freien Säuren in verschiedenen Theilen des Fleisches folgendermaassen bestimmt. Nachdem das Fleisch zerhackt worden war, wurde es so lange mit destillirtem Wasser behandelt, bis die Reaction nicht mehr sauer war. Die wässerigen Lösungen wurden mit NaOH (1/10 N) titrirt und die Werthe auf Essigsäure berechnet. Es führte zu folgenden Resultaten:

Aus der äusseren Schicht 1,37 g Essigsäure in 100 g Fleisch
» » inneren » 0,44 g » » 100 g »

Aus der zwischen beiden gelegenen Schicht 0,67 g Essigsäure in 100 g Fleisch.

Die saure Lösung, in welcher das Fleisch fünf Tage gelegen hatte, enthielt 1,4 % Essigsäure. Die Wirkung der Hitze auf die Eiweissstoffe in saurem Fleisch ist nicht so einfach zu untersuchen, wie dies bei frischem Fleisch der Fall ist, weil die Acidalbuminate beim Erhitzen nicht coagulirt zu werden pflegen. Die Umwandlung in Acidalbuminate geht wahrscheinlich um so schneller vor sich, je mehr man die Temperatur erhöht. So dürfte Säure und Hitze hinsichtlich der Verminderung der

extrahiblen Albuminstoffe in derselben Richtung wirken. Um die Einwirkung der freien Säure auf die Eiweissstoffe in der Hitze zu vermeiden, wurde das zerhackte Fleisch zunächst mit pulverigem $CaCO_3$ neutralisirt. Hierauf wurde auf 50—120° erhitzt, mit NH_4Cl extrahirt, filtrirt und das Filtrat gekocht, der Niederschlag gewaschen, getrocknet und gewogen. Die so erhaltenen Werthe beziehen sich auf Eiweissstoffe, welche weder durch Erhitzen, noch durch Säuren in Acidalbuminat (in der Kälte) umgewandelt waren.

Tabelle V.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe in essigsaurem Rindfleisch.

Temperatur	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
50°	1,93%	67,13%
60°	0,68 »	88,42 »
70°	0,00 »	100,00 »
80°	0,00 »	100,00 »
90°	0,00 »	100,00 »
100°	0,00 »	100,00 »
120°	0,00 »	100,00 »
Aus dem nicht erhitzten essigsauren Fleisch .	5,87 »	

Resultate.

1. Während die aus saurem Fleisch extrahirten Mengen nur 6% betragen, werden aus frischem Fleisch ca. 20% erhalten.

2. Wie in eingesalzenem Fleisch, so im sauren Fleisch, scheint eine grössere Menge an Eiweissstoffen bei 50°, 60°, 70°, 80° coagulirt zu werden, als im frischen Fleisch bei denselben Temperaturen.

Ob der essigsaure Kalk eine Rolle dabei spielt oder nicht, ist schwierig zu entscheiden.

3. Bei 50° werden 67% der durch NH_4Cl extrahirbaren, nicht in Acidalbuminate umgewandelten Eiweissstoffe coagulirt.

4. Bei 60° ca. 88% von denselben Eiweissstoffen.

5. Bei 70° sind alle diese Eiweissstoffe coagulirt oder in Acidalbuminate umgewandelt, auch gilt dies für alle anderen Temperaturen.

Die Gerinnung der Eiweissstoffe des Gehirns beim Erhitzen.

Kalbshirn wurde von fremden Geweben befreit, die graue und weisse Substanz in möglichst kleine Theile zerhackt und in Portionen von ca. 10 g auf die bestimmten Temperaturen (50—120°) erhitzt, durch NH_4Cl extrahirt u. s. w. wie früher angegeben. Der Wasser-Gehalt des Gehirns wurde in 3 g bestimmt. Alle Werthe wurden auf wasserfreie Substanz berechnet. Weil in das Gehirn die Hitze nur langsam eindringt, wurde es nothwendig, die Substanz in sehr dünnen Schichten auf die Wandungen des Becherglases aufzustreichen. Bei den höheren Temperaturen war einstündiges Erhitzen genügend, um die vollständige Wirkung der Hitze zu erzielen.

Wenn wir im Gehirn bei niedrigen Temperaturen: 50°, 60°, 70°, finden, dass verhältnismässig eine kleinere Menge von Albuminstoffen extrahirt wird als im Rindfleisch bei denselben Temperaturen, so könen wir ohne Zweifel sagen, dass die Wirkung derselben Temperatur eine grössere ist, als auf die Eiweissstoffe des Rindfleisches.

Alles Weitere darüber ist aus Tabelle VI zu ersehen.

Tabelle VI.

Die Gerinnung der Albuminstoffe des Kalbshirns.

Temperatur	Procentige Menge extrahirt	Procentige Menge coagulirt
50°	1,33%	51,99%
60°	0,55 »	80,15 »
70°	0,44 »	84,12 »
80°	0,27 »	90,26 »
90°	0,00 »	100,00 »
100°	0,00 »	100,00 »
120°	0,00 »	100,00 »
Aus dem nicht erhitzten Kalbshirn.	2,77 »	

Resultate.

1. Aus dem Kalbshirn sind die durch NH_4Cl extrahirten Mengen sehr gering: 2,77 % (auf wasserfreie Substanz berechnet.)

2. Es ist natürlich, dass die extrahirten Mengen nach dem Erhitzen des Gehirns auf 50°, 60°, geringere sind, als wenn man das Gehirn in frischem Zustande extrahirt, jedoch ist diese Verminderung verhältnismässig grösser als bei Rindfleisch unter denselben Umständen.

3. Diese Verhältnisse zwischen Gehirn und Rindfleisch nähern sich einander wieder, wenn das Gehirn vor der Extraction auf höhere Temperaturen erhitzt worden ist. Dieses eigenthümliche Verhalten des Gehirns erklärt sich dadurch, dass sich beim Erhitzen an der Oberfläche nach sehr kurzer Zeit eine Coagulationsschicht bildet, welche die übrige Substanz vor dem weiteren Eindringen der Hitze schützt.

4. Bei 90°, 100°, 120°, können keine Eiweissstoffe durch NH_4Cl extrahirt werden. Alle Eiweisstoffe sind coagulirt oder nicht extrahirbar.

Bei all diesen Versuchen muss hervorgehoben werden, dass sich Angaben über die Werthe der coagulirten Eiweissstoffe nur auf die durch NH_4Cl extrahirbaren beziehen, nicht aber auf die Gesammteiweissstoffe des Fleisches. Als Gesammtmenge wurde diejenige Quantität an Eiweissstoffen angesehen, welche durch einstündige Einwirkung von NH_4Cl auf frisches (bezw. eingesalzenes und saures) Fleisch erhalten werden konnte.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, Herrn Professor Dr. Rubner für die mir bei der Ausführung vorstehender Arbeit in reichem Maasse ertheilte Anregung und Unterstützung an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

Bacteriologische und chemische Untersuchungen über die spontane Milchgerinnung.

Von

Dr. **Carl Günther** und Dr. **Hans Thierfelder.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Seit den Untersuchungen Pasteur's[1]) über die Milchsäuregährung weiss man, dass die spontane Gerinnung der Milch durch Mikroorganismen hervorgebracht wird. Pasteur sah in seinem »Ferment lactique«[2]) den Erreger der spontanen Milchgerinnung. Später ist es dann J. Lister[3]) gelungen, mit Hilfe seiner Verdünnungsmethode aus saurer Milch eine Bacterienart (»Bacterium lactis«) reinzuzüchten, welche sterile Milch unter Säuerung zur Gerinnung bringt. Dann hat sich Hueppe[4]) eingehend mit der Frage der Ursache der spontanen Milchsäuregährung beschäftigt und eine bestimmte Bacterienart (»Bacillus acidi lactici«) in saurer Milch constant nachgewiesen und ihre Milchsäure bildende Fähigkeit festgestellt. Nach Hueppe haben dann noch eine Reihe von anderen Autoren, Marpmann[5]),

1) Comptes rendus. Acad. des sciences Paris, t. 45, 1857, p. 913; t. 47, 1858, p 224.

2) Reinculturen hatte Pasteur nicht zur Verfügung.

3) On the lactic fermentation etc. (Path. Society of London. Dec. 18, 1877; Transactions 1877/78, p. 447.)

4) Mitth. aus d. kais. Ges.-Amte. Bd. II, 1884. S. 309 ff.; Deutsche med. Wochenschr., 1884, Nr. 48—50.

5) Ergänzungshefte z. Centralbl. f allg. Ges.-Pfl., Bd. II, 1886, Heft 12, S. 117.

Grotenfelt[1]), Kayser[2]) u. A., milchsäurebildende Bacterienarten aus Milch isolirt. Ob die in den vorstehend citirten Untersuchungen gewonnenen Mikroorganismen zum Theil mit einander identisch sind, oder ob sie alle von einander differente Species repräsentiren, ist eine Frage, die mit absoluter Sicherheit bisher nicht zu beantworten ist.

Wir unsererseits versuchten über die Frage, ob die spontane Milchgerinnung stets durch eine und dieselbe Bacterienart hervorgerufen wird, oder ob sie durch verschiedene Bacterienarten veranlasst werden kann, dadurch genauere Auskunft zu erhalten, dass wir diese Frage mit den zur Charakterisirung der Mikroorganismenarten vorhandenen neueren bacteriologischen und chemischen Hilfsmitteln in Angriff nahmen.

Zur Gewinnung der Milchsäurebacterien machten wir zunächst den Versuch, diese Organismen durch directe Plattenaussaat frischer Milch zu erhalten:

2. VI. 94. 1 l frische Milch wird aus dem Kuhstall (Berlin, Klosterstrasse 49) besorgt. Es werden nach dem Umschütteln 10 Oesen davon in gewöhnliche Nährgelatine eingetragen, davon dann Verdünnungen angelegt, welche, wie die Originalimpfung, zu Platten ausgegossen werden. Ebenso werden 10 Oesen der Milch in Milchgelatine[3]) eingetragen, und davon werden ebenfalls Verdünnungen angelegt; diese Impfungen werden ebenfalls zu Platten ausgegossen.

Der Vergleich der vorstehend genannten, mit gewöhnlicher Gelatine einerseits, mit Milchgelatine andererseits angelegten Platten ergibt, dass — obgleich die Aussaat nahezu die gleiche gewesen war — doch auf den mit gewöhnlicher Nährgelatine hergestellten Platten erheblich mehr Colonien zur Entwickelung gekommen waren, als auf den mit Milchgelatine angelegten.

Auf den mit gewöhnlicher Nährgelatine angelegten Platten wurden nun folgende Typen von Colonien gefunden und abgeimpft:

I. (Häufigster Typus.) Oberflächlich liegende, nach 48 Stunden ca. 1—2 mm grosse, rundliche, in der Durchsicht leicht bräunliche Colonien mit ziemlich homogenem Inhalt und ziem-

1) Fortschr. d. Med., 1889, S. 122 ff.

2) Annales de l'Inst. Pasteur 1894 p. 738.

3) 1000 Milch, 10 Pepton, 100 Gelatine; gelöst, neutralisirt, mit dem Weissen eines frischen Hühnereies vermischt, 1 Stunde gekocht, filtrirt.

lich glatten Rändern. Im hängenden Tropfen kurze, ziemlich plumpe Diplobacillen ohne Eigenbewegung.

II. Oberflächlich liegende, die Colonien des Typus I an Grösse erheblich übertreffende, häutchenförmige, am Rande helldurchsichtige, in der Mitte etwas bräunliche Colonien mit gebuchtetem Rande. Im hängenden Tropfen schlankere, meist zu zweien, aber auch in kleineren Ketten angeordnete Bacillen.

III. Oberflächlich liegende kleine, kuppenförmig (oben halbkuglig) sich über die Gelatine erhebende Colonien, die zum Theil wieder in Häutchenbildung überzugehen scheinen. Im hängenden Tropfen kleine plumpe Stäbchen, meist zu zweien angeordnet, ohne Eigenbewegung.

IV. Kleine, unter Stecknadelkopfgrösse haltende, halbkuglige, weisse Häufchen. Im hängenden Tropfen plumpe Kurzstäbchen ohne Eigenbewegung.

Auf den mit Milchgelatine angelegten Platten wurden folgende Colonien-Typen gefunden und abgeimpft:

V. Nach 72stündigem Wachsthum ca. 1½ mm grosse, prominente, glänzende, grauweisse, in der Durchsicht leicht bräunliche, glattrandige Häufchen. Bei dem Abimpfen zeigt sich die Colonie äusserst cohaerent, so dass man die gesammte Colonie in Form einer zusammenhängenden Haut abzieht. Im hängenden Tropfen Diplococcen oder kürzeste Stäbchen ohne Eigenbewegung.

VI. Aehnliche Häufchen wie Nr. V, welche aber nicht eine solche Cohaerenz wie jene besitzen, sondern leicht partiell abimpfbar sind. Im hängenden Tropfen zeigen sich wirkliche Coccen, meistens zu zweien angeordnet; es finden sich hie und da auch an Sarcinen erinnernde Zusammenlagerungen.

VII. Buchtig gerandete dünne Häutchen. Im hängenden Tropfen Coccen oder kleinste Stäbchen ohne Eigenbewegung.

VIII. Kleine, halbkuglige Häufchen unter Stecknadelkopfgrösse, weiss. Im hängenden Tropfen in kurzen Ketten angeordnete Kurzstäbchen ohne Eigenbewegung.

Mit den sämmtlichen beschriebenen acht Mikroorganismen wurde nun je ein sterilisirte Milch enthaltendes Röhrchen geimpft. In keinem einzigen dieser Röhrchen trat in der Folge

Gerinnung der Milch ein; in keinem einzigen wurde die chemische Reaction der Milch kräftiger sauer. (No. I bis VII machten die Milch schwach sauer; No. VIII machte keine Säuerung.)

Nachdem es uns also zunächst nicht gelungen war, durch Plattenaussaat frischer Milch kräftige Michsäurebildner zu erhalten, machten wir jetzt den entsprechenden Versuch mit spontan sauer gewordener Milch, und zwar wurde dazu dieselbe Portion Milch genommen, welche uns (im frischen Zustande) zu dem vorigen Versuche gedient hatte.

4. VI. 94. Von der spontan sauer gewordenen Milch werden Gelatineplatten (Original und Verdünnungen) angelegt: 1. mit gewöhnlicher Nährgelatine, 2. mit Milchgelatine (dargestellt, wie oben beschrieben). Nach zwei Tagen zeigt sich die mit gewöhnlicher Gelatine hergestellte Originalplatte nahezu verflüssigt. Sie besitzt einen unangenehmen, an Trimethylamin und Ammoniak erinnernden Geruch; die verflüssigte Gelatine reagirt kräftig alkalisch. Im Gegensatz dazu ist die mit der Milchgelatine hergestellte Originalplatte nicht verflüssigt, sie zeigt beim Auflegen von feuchtem Lakmuspapier in allen Theilen kräftig saure Reaction und ist von äusserst zahlreichen Colonien durchsetzt.

Von den mit der Milchgelatine hergestellten Verdünnungsplatten werden die folgenden Colonien-Typen isolirt:

IX. Halbkugelige, nach zweitägigem Wachsthum etwa 1 mm im Durchmesser haltende glänzende Häufchen, grau durchscheinend. Im hängenden Tropfen kleine, plumpe, unbewegliche Doppelstäbchen.

X. Mehr häutchenförmige, aber immerhin noch als Häufchen gewachsene, 1—1½—2 mm grosse Colonien, das Licht eigenthümlich reflectirend (wie mit dünnem, fettigem Überzug versehen). Im hängenden Tropfen ungefähr dasselbe Bild wie No. IX.

No. IX sowohl wie No. X wurden nun in sterile Milch eingeimpft. No. IX bewirkte starke Säuerung der Milch; nach zehntägigem Stehen bei Zimmertemperatur war die Milch jedoch noch nicht vollständig geronnen. Nur das unterste Drittel des in dem Röhrchen befindlichen Milchquantums war in eine compacte geronnene Masse verwandelt, die übrige Milch war flüssig geblieben. No. X hatte überhaupt keine Gerinnung bewirkt; die Reaction der Milch war hier schwach sauer.

Es wurde nun der Versuch gemacht, ob vielleicht durch combinirte Einimpfung des Typus No. IX (welcher die stärkste Säuerung gemacht und einen Theil der Milch zur Gerinnung gebracht hatte) mit einem der anderen Typen eine kräftige Säuerung und Gerinnung der Milch erzielt werden könnte. Zu dem Zwecke wurden neun Röhrchen mit sterilisirter Milch geimpft mit bezw. Typus IX und I, Typus IX und II, Typus IX und III u. s. w. bis Typus IX und X. Die Röhrchen wurden bei ca. 28° C. aufgestellt. Nach fünftägiger Cultur zeigte sich in keinem einzigen der Röhrchen eine Spur Gerinnung der Milch. Die chemische Reaction war überall schwach sauer.

Die beschriebenen Vorversuche hatten uns gelehrt, dass die gewöhnliche, zuckerfreie Nährgelatine zur Isolirung der Milchsäurebacterien durchaus unzweckmässig ist, und dass es auch unter Anwendung unserer Milchgelatine nicht ohne Weiteres zu gelingen braucht, kräftig Milchsäure producirende Bacterien aus der Milch zu isoliren. Wir schlugen daher in der Folge den bereits von Beyerinck[1]) zu diesem Zwecke mit Erfolg benützten Weg ein, nämlich die Vermischung der (zuckerhaltigen) Culturgelatine mit Calciumcarbonat, welches letztere die Gelatine zunächst trübt, an denjenigen Stellen jedoch, an denen sich säuernde Colonien entwickeln, aufgelöst wird und dadurch ohne Weiteres die säurebildenden Colonien anzeigt. Auf diese Weise gelang es uns (wie aus der folgenden Darstellung hervorgeht) nun sofort, aus saurer Milch Reinculturen von Bacterien zu erhalten, welche sterile Milch unter kräftiger Säuerung zu totaler Gerinnung bringen.

Bei den weiteren Untersuchungen verfolgten wir verschiedene Ziele. Einmal kam es uns darauf an, aus einer Reihe von verschiedenen, spontan sauer gewordenen Milchproben die kräftig Milchsäure bildenden und dadurch die Milch zur Gerinnung bringenden Mikroorganismen zu isoliren und festzustellen, ob es sich hiebei um eine einheitliche Art oder um mehrere, differente Arten handelt; weiter war es unsere Absicht zu ermitteln, ob die spontane Gerinnung der Milch stets durch Milch-

1) Centralbl. f. Bacter., Bd. IX, 1891, S. 782.

säure bezw. durch eine und dieselbe Modification der Milchsäure bedingt wird, und welche Säuren die aus den verschiedenen spontan geronnenen Milchproben isolirten Säurebildner nach der Einimpfung in sterile Milch produciren.

Unser Ausgangsmaterial bildeten acht verschiedene Milchproben, welche von drei verschiedenen Verkaufsstellen stammten, und die zu verschiedenen Zeiten (Juni bis November) in Untersuchung genommen wurden. Jedes Mal wurde in der Weise verfahren, dass ein Liter Milch in einem Glaskolben von der Verkaufsstelle geholt und dann — nach Verschluss der Kolbenöffnung durch Watte — bei Zimmertemperatur mehrere Tage oder bei 28° C. einen Tag lang sich selbst überlassen wurde. Nach dieser Zeit war dann die Milch geronnen und stark sauer. Die Milch wurde jetzt durchgeschüttelt, und es wurde von ihr zunächst ein mikroskopisches Präparat[1]) hergestellt, dann wurden mit Hülfe von Milchzuckergelatine[2]) (welche sich, wie weiterhin erörtert werden soll, zweckmässiger zeigte als die zuerst benutzte Milchgelatine) und unter Zusatz von sterilem Calciumcarbonat Platten von der Milch gegossen, welche in den drei ersten Versuchen unter aëroben Bedingungen, in den andern fünf Versuchen sowohl unter aëroben wie auch unter anaëroben Bedingungen (Buchner'sche Pyrogallussäure-Methode) gehalten wurden. Die Milch wurde dann chemisch analysirt. Die Platten wurden weiterhin inspicirt, und es wurden dann von ihnen solche Colonien abgeimpft, in deren Umgebung die Calciumcarbonat-Trübung des Nährbodens verschwunden war, die also hierdurch sich als Säurebildner documentirt hatten. Gewöhnlich wurden die Abimpfungen zunächst stichförmig in Milchzuckergelatine hinein gemacht. In der Folge wurde dann von der in der Stichcultur gewachsenen

1) Das auf dem Deckglase ausgestrichene Material wurde getrocknet, in der Flamme fixirt, mit Aether entfettet, mit Methylenblau gefärbt und in Balsam eingeschlossen.

2) 20 Milchzucker, 100 Gelatine, 10 Pepton, 5 Kochsalz, 1000 Wasser. Lösung unter Erwärmung. Neutralisirung mit Soda. Zufügen eines Hühnereiweiss. Durchschütteln. Kochen im Dampftopf 1 Stunde. Filtriren. Einfüllen. Sterilisiren.

Bacterienmasse eine kleine Quantität in einen Kolben übertragen, welcher 1 l oder ½ l im Laboratorium sterilisirter (so frisch wie möglich bezogener) Milch enthielt. In allen Fällen kam diese Milch dann in Folge der geschilderten künstlichen Infection zur Gerinnung. Sie wurde chemisch analysirt; vorher jedoch wurde eine Probe davon zur Anlage von Gelatineplatten verwendet, die in jedem Falle sowohl unter aërobe wie unter anaërobe Bedingungen gebracht wurden. Nur im Falle völliger bacteriologischer Reinheit, d. h. nur wenn sich eine einzige (die eingesäte) Bacterienart vorfand, wurde das Resultat der chemischen Analyse als bedingt durch die vorhergegangene Bacterieneinsaat angesehen; fanden sich verschiedene Mikroorganismenarten, so wurde der Versuch als unrein und nicht beweisend verworfen.

Die im Laufe der Versuche aus den verschiedenen spontan sauer gewordenen Milchproben gewonnenen Bacterienculturen wurden zunächst (ohne dass dadurch über ihre Artzugehörigkeit zu einander oder über ihre Artverschiedenheit von einander etwas präjudicirt werden sollte) mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet. Die sämmtlichen so gewonnenen Stämme — im Ganzen 14 — wurden dann auf ihr Verhalten den verschiedensten Nährböden und überhaupt den verschiedensten Culturbedingungen gegenüber geprüft, indem in jedem einzelnen dieser Prüfungsversuche Parallelculturen der 14 Stämme unter identischen Bedingungen angelegt wurden.

I. Bacteriologische und chemische Prüfung spontan sauer gewordener Milch verschiedener Provenienz.

1. 21. VI. 94. Frische Milch (aus dem Kuhstall, Klosterstrasse 49) wird bei Zimmertemperatur aufgestellt. 23. VI. Die Milch ist geronnen. Es werden je 3 Platten (Original und Verdünnungen) davon angelegt, mit Milchgelatine und mit Milchzuckergelatine. Jede der 6 Platten bekommt einen Zusatz von sterilisirtem Calciumcarbonat [1]).

1) Zur Sterilisirung des Calciumcarbonats wurde folgendermaassen verfahren: Feinste Schlämmkreide wurde in Reagenzgläser (je etwa 1½ cm hoch) eingefüllt, dann wurden in jedes Röhrchen ca. 10 ccm Wasser gegeben. Die Röhrchen wurden dann mehrere Stunden lang im Dampftopf bei 100° C. gehalten. Die Plattengüsse wurden stets in Schälchen angelegt; in die letzteren hinein wurde jedesmal vor dem Ausgiessen der Gelatine eine kleine Quantität der sterilisirten Kreideaufschwemmung gegeben, die

Auf den Milchgelatineplatten sowohl, wie auf den Milchzuckergelatine-Platten kommen verschiedenartig aussehende Colonien zur Entwicklung.

Meist handelt es sich um Colonien, welche mit einem durchsichtigen (Säuerungs-) Hof umgeben sind. Die Colonien erscheinen makroskopisch als rein weisse, kleine Gebilde; bei schwacher Vergrösserung stellen sie dunkelbräunliche compacte Gebilde dar, welche auf den Milchzuckergelatineplatten inmitten des klar durchsichtigen Säuerungshofes liegen, während der Hof auf den Milchgelatineplatten noch trübende Fettkörnchen etc. enthält. Von einer der Milchzuckergelatine-Verdünnungsplatten wird eine säuernde Colonie abgeimpft: η.

Die chemische Untersuchung der Milch, welche zur Herstellung der Platten gedient hatte, ergab die Anwesenheit von inactiver Milchsäure, denn die Lösung des Zinksalzes zeigte keine Einwirkung auf das polarisirte Licht.

Die Untersuchung geschah in folgender Weise: Die geronnene Milch wurde filtrirt, das Filtrat zur Trockne eingedampft, der Rückstand mit Phosphorsäure angesäuert und mit Äther anhaltend geschüttelt. Der Rückstand, welcher beim Verdunsten des Äthers hinterblieb, wurde in Wasser gelöst, die Lösung mit Zinkcarbonat gekocht, filtrirt. In den ersten Versuchen begnügten wir uns mit der optischen Prüfung dieses Filtrats, in allen spätern dampften wir dasselbe ein, trockneten das auskrystallisirte Zinksalz zwischen Filtrirpapier, liessen es lufttrocken werden und prüften es auf seinen Krystallwassergehalt, eventuell auch auf sein Verhalten gegen polarisirtes Licht und auf seinen Zinkgehalt. Lufttrockenes inactives Zinklactat verliert beim Erhitzen auf 110° 3 Moleküle Krystallwasser = 18,18 %, lufttrockenes actives Zinklactat verliert beim Erhitzen auf 110° 2 Moleküle Krystallwasser = 12,9 %, wasserfreies Zinklactat enthält 33,33 % ZnO.

2. 2. VII. 94. Frische Milch (Kuhstall, Klosterstrasse 49) wird aufgestellt. 3. VII. Die Milch ist geronnen. Davon werden Platten mit Milchzucker-

ausgegossene Gelatine wurde sorgfältig damit vermischt und dann der Erstarrung überlassen.

gelatine und Calciumcarbonat angelegt. Es kommen massenhafte säurebildende Colonien zur Entwickelung. Abimpfung: ι.

Die von dieser Milch isolirte Milchsäure war die rechtsdrehende Modification, bzw. eine Mischung von inactiver und rechtsdrehender Modification, denn die Lösung des Zinksalzes zeigte linksseitige Polarisation.

3. 2. X. 94. Frische Milch (Bolle) wird bei 20° C. aufgestellt. 5. X. Die Milch ist geronnen. Mikroskopisch meist kleine Doppelstäbchen. Nach dem Umschütteln der Milch Plattenaussaat davon (Milchzuckergelatine, Calciumcarbonat). Auf den Platten entwickeln sich zahlreiche Colonien mit Säuerungshof; die Colonien zeigen das oben beschriebene Aussehen. Abimpfung: ϰ.

Die aus dieser Milch isolirte Milchsäure verhielt sich optisch inactiv, denn das Zinksalz zeigte keine Ablenkung des polarisirten Lichtes.

4. 5. XI. 94. Frische Milch (Bolle) wird bei 21° C. aufgestellt. 7. XI. Die Milch ist geronnen. Mikroskopisch finden sich meist kurze, zu zweien verbundene Stäbchen, aber auch Kettenbildungen. Es werden a) aërobe, b) anaërobe Plattenaussaaten mit Milchzuckergelatine und Calciumcarbonat gemacht. Die aëroben Aussaaten werden in Schälchen, die anaëroben als Rollplatten hergestellt, die in Buchner'sche Pyrogallolröhren eingeschlossen werden. Auf den aëroben Verdünnungsplatten lassen sich unter den säurebildenden Colonien mit einiger Mühe zwei verschiedene Typen constatiren: 1. fast undurchsichtige, sehr dunkel braune Colonien mit grösserem Hof (Abimpfung: λ), 2. durchsichtigere, hellbraune, mit kleinerem Hof (Abimpfung: μ). Aehnlich steht es auch mit den anaërob aufgestellten Platten (Abimpfungen: »λ an«[1]) und »μ an«).

Die aus dieser Milch isolirte Milchsäure war die optisch inactive. 0,3323 g lufttrocknes Zinksalz verloren beim Erhitzen auf 110° 0,06 g Wasser = 18,05%.

5. 8. XI. 94. Frische Milch (Bolle) aufgestellt. 10. XI. Die Milch ist geronnen. Mit Hilfe von Milchzuckergelatine und Calciumcarbonat werden sowohl aërobe wie anaërobe Platten angestellt. Es kommen auf den aëroben sowohl, wie auf den anaëroben Platten säurebildende Colonien zur Entwickelung von dem bei den ersten Versuchen beschriebenen Aussehen. Abimpfungen: ν (aërob gewachsen) und ν an (anaërob gewachsen).

Die aus dieser Milch isolirte Milchsäure war die optisch inactive. 0,5117 g lufttrocknes Salz verloren beim Erhitzen auf 110° 0,0916 g Wasser = 17,90%.

6. 12. XI. 94. Frische Milch (Klosterstrasse 88—90[2]) bei 21° C. aufgestellt. 14. XI. Die Milch ist geronnen. Es werden aërobe und anaërobe Platten mit Milchzuckergelatine und Calciumcarbonat angelegt. Es findet sich, wie bei dem vorigen Versuch, auf den entwickelten Platten nur ein Typus säurebildender Colonien von dem früher beschriebenen Aussehen. Abimpfungen: π (von den aëroben), π an (von den anaëroben Platten.)

---

1) Die Bezeichnung »an« bedeutet, dass die Abimpfung von anaërober Platte geschah.

2) Milchhandlung, welche aber die Milch von nur einem Rittergut bezieht.

Es handelte sich um eine Mischung von inactiver und R.-Milchsäure, denn 0,2952 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0497 g Wasser = 16,83%.

0,2455 g wasserfreies Salz lieferten 0,0830 g ZnO = 33,81%; das Zinksalz drehte die Ebene des polarisirten Lichtes nach links.

7. 15. XI. 94. Frische Milch (ebenfalls aus Klosterstrasse 88—90) bei 21° C. aufgestellt 17. XI. Die Milch ist geronnen. Nach dem Umschütteln werden aërobe sowohl wie anaërobe Platten davon angelegt. Davon Abimpfungen säurebildender Colonien: ϱ und ϱ an.

(Bei diesen Platten wurde folgende Beobachtung gemacht: Die aërobe Verdünnungsplatte zeigte neben säurebildenden Colonien auch viele verflüssigende, nicht säurebildende; die entsprechende anaërobe Platte zeigte ausschliesslich oder fast ausschliesslich Säurebildner, die sich hier, in Folge des unterdrückten Wachsthums der verflüssigenden Colonien, erheblich besser hatten entwickeln können als auf den aëroben Platten.)

Es handelte sich um eine Mischung von inactiver und R.-Milchsäure, denn 0,768 g lufttrocknes Zinksalz verloren bei 110° 0,1302 g Wasser = 16,95%; 0,6378 g wasserfreies Salz lieferten 0,2151 g ZnO = 33,73%. Das Salz zeigte linksseitige Polarisation.

8. 20. XI. 94. Frische Milch (Böttcher's Milchhandlung, Jüdenstrasse) wird aufgestellt. Am 22. XI. ist die Milch geronnen. Davon aërobe und anaërobe Platten wie früher. Mit Sicherheit lässt sich auf den Platten nur ein Typus säurebildender Colonien (von dem gewöhnlichen Aussehen) finden. Abimpfung: τ an (von der anäeroben Platte); die aërobe Abimpfung verunglückte.

Es handelte sich um eine Mischung von inactiver und R.-Milchsäure, denn 0,5538 g lufttrocknes Zinksalz verloren bei 110° 0,0797 g Wasser = 14,4%; 0,4741 g wasserfreies Salz lieferten 0,1599 g ZnO = 33,52%.

Das Zinksalz zeigte linksseitige Polarisation.

Fassen wir die Resultate der vorstehend geschilderten Untersuchungen spontan geronnener Milch zusammen, so ergibt sich Folgendes:

1. Aus 8 Proben derartiger Milch, welche drei verschiedenen Verkaufsquellen entstammten, isolirten wir — theils mit Hilfe aërob aufgestellter, theils mit Hilfe anaërober Platten — 14 verschiedene Stämme von Reinculturen säurebildender Bacterien.

2. Aus der chemischen Analyse der genannten 8 Milchproben geht hervor, dass nicht immer reine inactive Säure gebildet wird, sondern dass sich häufig auch eine Mischung von inactiver und R.-Milchsäure findet.

Wir haben noch eine Anzahl weiterer Milchproben aus verschiedenen Ställen verschiedener Stadttheile Berlins spontan gerinnen lassen und in gleicher Weise auf Milchsäure untersucht

(bacteriologische Prüfung fand in diesen Fällen nicht statt). Die Ergebnisse der Untersuchungen mögen hier folgen:

9. Kuhstall (Klosterstrasse 49, aus dem auch die Milch für Versuch 1 und 2 entnommen war). Anfang December 1894. Inactive Milchsäure; 0,3732 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0684 g Wasser = 18,33%.

10. Kuhstall (Landsbergerstrasse) 1. III. 95. R.-Milchsäure; 0,1124 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0146 g Wasser = 12,99%. Das Zinksalz zeigte linksseitige Polarisation.

11. Kuhstall (Neue Königsstrasse 61.) 19. III. 95. Inactive Milchsäure; 0,3338 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0606 g Wasser = 18,15%.

12. Kuhstall (Neue Königsstrasse 16) 19. III. 95. Inactive Milchsäure; 0,3792 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0677 g Wasser = 17,85%, 0,3115 g wasserfreies Salz lieferten 0,1038 g ZnO = 33,32%.

13. Landwehrstrasse 39 18. III. 95. Inactive Milchsäure; 0,2033 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0364 g Wasser = 17,91%; 0,1669 g wasserfreies Salz lieferten 0,0561 g ZnO = 33,61%.

14. Klosterstrasse 88—90 (aus derselben Quelle stammte auch die Milch für Versuch 6 und 7) Mischung inactiver und R.-Milchsäure; 0,2178 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0306 g Wasser = 14,05%. 0,1872 g wasserfreies Salz lieferten 0,0618 g ZnO = 33,01%.

Das Zinksalz zeigte linksseitige Polarisation.

15. Kuhstall (Lützowstrasse 21.) 22. VII. 95. Mischung von inactiver und R.-Milchsäure; 0,4313 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0614 g Wasser = 14,24% 0,3699 g wasserfreies Salz lieferten 0,1237 g ZnO = 33,44%.

Das Zinksalz zeigte linksseitige Polarisation.

16. Kuhstall (Schiffbauerdamm 12). 22. VII. 95. Inactive Milchsäure; 0,5869 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,1056 g Wasser = 18,00%.

17. Kuhstall (Körnerstrasse 17.) 22. VII. 95. R.-Milchsäure; 0,3885 g lufttrocknes Salz verloren bei 110° 0,0501 g Wasser = 12,90%.

Das Zinksalz zeigte linksseitige Polarisation.

Unter diesen letzten 9 Proben fanden sich also ebenfalls einige, in denen ausschliesslich inactive Milchsäure, und einige, in denen eine Mischung von inactiver und R.-Milchsäure gebildet war, aber auch zwei, die reine R.-Milchsäure enthielten. Das Vorkommen von reiner L.-Milchsäure oder einer Mischung von inactiver und L.-Milchsäure wurde niemals beobachtet.

II. Wirkung der Reinculturen der in vorstehend beschriebenen Versuchen gewonnenen Bacterienstämme auf sterile Milch.

Nachdem wir, wie vorstehend geschildert, eine Reihe von Bacterienstämmen aus spontan sauer gewordener Milch isolirt hatten, die sich durch das Verhalten ihrer Colonien auf den

Ausgangsplatten als kräftig säurebildend documentirten, war es nun unsere Aufgabe, die einzelnen Stämme in sterilisirte Milch einzuimpfen und die Wirkung der Einimpfungen, namentlich was die Natur der auftretenden Milchsäure betraf, festzustellen.

Zum Zwecke der Sterilisirung der zu impfenden Milch gingen wir in folgender Weise vor: Wir nahmen jedesmal entweder zwei 1 Literkolben oder vier ½ Literkolben, welche wir mit ganz frischer Milch (aus einem in der Nähe belegenen Kuhstall bezogen) beschickten. Die einzelnen Kolben wurden mit Wattepfropf verschlossen und dann zusammen in den Einsatz des Koch'schen Dampftopfes gestellt. Dann kamen sie für 1 Stunde in den strömenden Dampf von 100° C., wurden dann herausgenommen und bei 21° C. aufgestellt. Hier blieben sie bis zum nächsten Tage. Sie wurden nun wiederum 1 Stunde lang im Dampftopf erhitzt, wieder bei 21° C. aufgestellt, und am dritten Tage von Neuem 1 Stunde lang im Dampf behandelt. Diese Sterilisirungsmethode, welche wir nach einer Reihe von Vorversuchen endgültig beibehielten, bräunt die Milch ganz leicht; man erhält aber auf diese Weise, wie wir fanden, sicher sterile Milch.

1. 5. VII. 94. 1 l sterilisirte Milch wird geimpft mit einer Reincultur des Stammes η (kleines Bröckelchen aus einer Stichcultur in Milchzucker-Gelatine). Die Probe bleibt bei Zimmertemperatur stehen. 7. VII. Die Milch ist geronnen. Die bacteriologische Prüfung der Milch (aërobe Platten mit Milchzuckergelatine und Calciumcarbonat) ergibt die Anwesenheit nur einer einzigen Bacterienart (säurebildende Colonien.)

Hier mag folgendes bemerkt sein: Stellt man mit Aussaat notorischer Reinculturen kräftig säuernder Bacterien Zuckergelatineplatten mit Zugabe von Calciumcarbonat an, so findet man nach stattgehabter Entwickelung der Colonien, dass viele Colonien einen deutlich ausgeprägten Säuerungshof um sich haben, während an anderen Colonien der Hof weniger ausgeprägt ist und noch anderen völlig fehlt. Es kommt zur Erklärung dieser Erscheinung zunächst in Betracht, dass das Kreidepulver in dem Culturschälchen nicht überall gleichmässig vertheilt ist, dass es hier dichter, dort weniger dicht liegt. Wo die Kreide dichter angehäuft ist, erfolgt die Auflösung durch die seitens der einzelnen Colonie gebildete Säure selbstverständlich langsamer, der Säuerungshof wird hier also ceteris paribus kleiner erscheinen als bei solchen Colonien, welche von weniger dicht angehäuftem Kreidepulver umgeben sind. Aber ausser diesem Punkte kommt zur Erklärung der obengenannten Erscheinung noch folgender Umstand in Frage: Von den auf der Platte zur Entwickelung gelangenden Colonien liegt die eine ganz in der Tiefe der Gelatine, die andere in den mittleren Partien, die dritte oben an der Ober-

fläche. Das Kreidepulver aber senkt sich vor der Erstarrung der Gelatine bei der Herstellung der Platte unter allen Umständen zu Boden. Wir sehen deshalb deutliche Säuerungshöfe nur bei solchen Colonien auftreten, welche ebenfalls in der Tiefe der Gelatine liegen; bei den in den mittleren Gelatineschichten liegenden Colonien sind die Höfe manchmal nur angedeutet, bei den ganz oberflächlich liegenden Colonien fehlen sie meist vollständig.

Man muss diese Verhältnisse berücksichtigen, wenn man, wie in dem obigen Versuch, Platten zu beurtheilen hat, die behufs der Prüfung der bacteriologischen Reinheit einer Cultur säurebildender Bacterien angelegt wurden.

Die chemische Prüfung der obengenannten η-Milch ergab, dass die wässerige Lösung des Zinksalzes der isolirten Säure die Ebene des polarisirten Lichtes nach links ablenkt.

2. 2. VIII. 94. 1 l sterilisirte Milch wird mit einer Reincultur von ι geimpft und bei 28° C. aufgestellt. Am 4. VIII. ist die Milch geronnen. Sie zeigt sich bei bacteriologischer Prüfung als rein, d. h. frei von fremdartigen Bacterien.

Die chemische Untersuchung der ι-Milch ergab ebenfalls eine Linksdrehung des Zinksalzes der isolirten Säure.

3. 30. X. 94. Je ½ l sterilisirte Milch wird mit einer Reincultur säurebildender Bacterien (η resp. ι und $\varkappa$) geimpft und bei 21° C. aufgestellt. Nach 2 Tagen überall Gerinnung der Milch. Die Kolben bleiben noch bis zum 5. XI. bei 21° C. stehen. Von allen 3 Proben werden heute mikroskopische Präparate gemacht; dieselben ergeben identischen Befund: Unmengen kurzer (coccenähnlicher), meist zu zweien angeordneter Stäbchen ohne Beimischung irgend anderer Formen. Ferner werden von allen Proben aërobe und anaërobe Platten (mit Milchzuckergelatine und sterilisirtem Calciumcarbonat) hergestellt behufs der Prüfung der bacteriologischen Reinheit. Die von der η- und der $\varkappa$-Milch hergestellten Platten ergeben die Reinheit der entsprechenden Milchproben, während sich die ι-Milch als nicht einwandsfrei herausstellt.

Die chemische Prüfung der η-, ι- und $\varkappa$-Milch ergibt Rechtsmilchsäure:

η-Milch:	0,3950 g	Zinksalz verlieren bei	110°	0,0513 g	Wasser	= 13,0%
ι-Milch:	0,5337 »	» » »	110°	0,0698 »	»	= 13,08%
$\varkappa$-Milch:	0,2908 »	» » »	110°	0,0382 »	»	= 13,14%

Die Zinksalze drehen die Ebene des polarisirten Lichtes nach links; es ist aber zu bemerken, dass sich, wie oben erörtert, die ι-Milch bacteriologisch nicht als völlig rein erwiesen hatte.

4. 19. XI. 94. 4 Kolben, je ½ l sterilisirte Milch enthaltend, werden mit Reinculturen geimpft von bezw. λ, λan, μ, μan, dann bei 21° stehen gelassen. Am 21. XI. werden die Kolben nicht inspicirt, am 22. XI. zeigt sich die Milch überall geronnen. Am 23. XI. werden (wie bei den vorhergehenden Versuchen) aërobe sowohl, wie anaërobe Platten zur Controle der bacteriologischen Reinheit von den einzelnen Milchproben angestellt. Die λ- und μ an-Milch stellen sich als rein heraus. Die λan- und μ-Milch sind nicht einwandsfrei; namentlich auf den anaëroben Platten zeigen sich fremdartige, etwas grössere, scheibenförmige, durchsichtigere Colonien.

Die chemische Prüfung der beiden einwandsfreien Milchproben (λ und μ an) ergibt in beiden Fällen R.-Milchsäure.

λ-Milch: 0,5032 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° getrocknet 0,0653 g Wasser = 12,98 %

μ an-Milch: 0,3231 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° getrocknet 0,0424 g Wasser = 13,12 %.

Die Zinksalze drehen die Ebene des polarisirten Lichtes nach links.

Die beiden anderen Proben, welche sich als bacteriologisch nicht einwandsfrei herausstellten, ergaben bei der chemischen Prüfung ebenfalls R.-Milchsäure.

λ an-Milch: 0,2401 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0316 g Wasser = 13,16 %

μ-Milch: 0,8740 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,1155 g Wasser = 13,22 %.

Die Zinksalze drehen die Ebene des polarisirten Lichtes nach links.

5. 3. XII. 94. Acht Kolben mit je ½ l sterilisirter Milch werden mit Reinculturen säurebildender Bacterien (und zwar bezw. mit μ, λ an, ν, ν an, π, π an, ϱ, ϱ an) geimpft. Die Proben bleiben bei 21° C. stehen. Am 6. XII. zeigen sich sämmtliche Proben geronnen. Die bacteriologische Prüfung (mit Hilfe mikroskopischer Untersuchung der verschiedenen Milchproben sowie vermittelst Aussaat in aërobe und anaërobe Platten) ergibt bei allen Proben völlige Reinheit. (Bei der mikroskopischen Prüfung zeigten sich überall kurze Doppelstäbchen, sonst keine anderen Formen. — Die Platten λ an, μ, ν an wurden am 12. XII., die Platten π, π an, ϱ, ϱ an am 13. XII. angestellt.)

Die chemische Prüfung der vorstehend genannten acht Milchproben ergab in allen Fällen R.-Milchsäure.

μ-Milch . . 0,4070 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0524 g Wasser = 12,87 %

λ an-Milch 0,6368 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0832 g Wasser = 13,07 %

ν-Milch . . 0,6082 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0794 g Wasser = 13,05 %

ν an-Milch 0,3616 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0476 g Wasser = 13,16 %

π-Milch . 0,7486 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0985 g Wasser = 13,15 %

π an-Milch 0,5932 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0767 g Wasser = 12,93 %

ϱ-Milch . 0,2505 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0323 g Wasser = 12,89 %

ϱ an-Milch 0,3803 g lufttrocknes Salz verlieren bei 110° 0,0500 g Wasser = 13,15 %.

Sämmtliche Zinksalze drehen die Ebene des polarisirten Lichtes nach links.

6. 18. XII. 94. Ein Kolben sterilisirter Milch wird mit einer Reincultur von τ an inficirt. Die Probe ergibt sich nach eingetretener Gerinnung bei

der bacteriologischen Prüfung nicht als rein. Versehentlich wird von τ an keine weitere Milchprobe inficirt.

Fassen wir die Resultate der vorstehenden Versuche zusammen, so ergibt sich Folgendes: Wir untersuchten 17 Proben sterilisirter Milch, nachdem dieselbe nach der Einsaat von Reinculturen säurebildender Bacterien zur Gerinnung gekommen waren. 14 von diesen Proben erwiesen sich bacteriologisch rein, d. h. es ist von ihnen festgestellt, dass die Säuerung und Gerinnung durch die eingesäten Reinculturen auch thatsächlich erfolgte. Die chemische Prüfung dieser Proben ergab, dass in allen Fällen reine R.-Milchsäure gebildet worden war.

III. Morphologische und Cultur-Eigenschaften der aus saurer Milch gewonnenen 14 Stämme milchsäurebildender Bacterien.

Um die Cultureigenschaften der gewonnenen 14 Bacterienstämme vergleichend zu studieren, war es nothwendig Parallelculturen derselben auf den verschiedensten Nährböden anzulegen, die jedesmal unter identischen Bedingungen gehalten wurden. Um nun ein gleichwerthiges Aussaatmaterial zu erlangen, stellten wir uns zunächst — unter Abimpfung von Milchzuckergelatine-Stichculturen — Culturen in gewöhnlicher Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Bouillon her.

In Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Bouillon eingesät, die bei 28° C. (wie sich später zeigte, dem Temperaturoptimum für unsere Bacterien) gehalten wurde, zeigten unsere 14 Bacterienstämme bezüglich ihres Wachsthums keine wesentlichen Unterschiede unter einander. Es kam innerhalb von 2 Tagen überall zu einer mässigen, bald sedimentirenden Trübung der Bouillon. Häutchenbildung trat nicht ein. Die chemische Reaction der Bouillon war durch das Bacterienwachsthum in keinem Falle geändert worden. Im hängenden Tropfen untersucht, fand man in jeder Cultur kleine, meist zu zweien verbundene, nicht eigenbewegliche Stäbchen, die hie und da auch kurze Ketten bildeten. Das Wachsthum hatte nach etwa zwei Tagen der Cultur bereits seine Höhe erreicht; es wurde weiterhin nicht stärker.

Von diesen Bouillonculturen, welche ein gleichmässiges Aussaatmaterial für weitere Culturversuche darboten, wurden nun zunächst Abimpfungen auf Milchzuckeragar vorgenommen. Wir wählten einen Agarnährboden deshalb, weil es uns bei diesem Versuche darauf ankam, das ungefähre Temperaturoptimum unserer Bacterien festzustellen. Das Milchzuckeragar war ohne Zuhilfenahme von Fleischwasser hergestellt.[1])

Milchzucker-Agar-Oberflächenculturen. Die Culturen wurden durch gleichmässige Aussaat je einer Oese der (zur Aufrührung der sedimentirten Bacterienzellen) umgeschüttelten Bouillonculturen auf den frisch hergestellten Agarnährboden angelegt, und zwar in drei Parallelreihen, von denen die erste bei 28° C., die zweite bei 21—24° C., die dritte bei 37° C. gehalten wurde.

1. Culturen bei 28° C. Nach 24 Stunden zeigen sich auf der Agaroberfläche sehr zarte, graue, makroskopisch deutlich sichtbare Beläge, welche sich bei Loupenbetrachtung zusammengesetzt zeigen aus kleinsten, thautröpfchenartigen Gebilden. Von allen Culturen werden gefärbte Deckglasausstrichpräparate hergestellt. Ueberall identische Bilder: In Haufen gelagerte, vielfach zu zweien zusammenhängende, sehr selten kurze Ketten bildende kleine Stäbchen, deren Enden (namentlich bei den paarweise gelagerten Exemplaren) häufig lanzettförmig zugespitzt sind. — Nach weiteren 24 Stunden ist das Wachsthum auf der Agaroberfläche noch etwas kräftiger geworden; weiterhin aber verändern sich die Beläge nicht mehr.

2. Culturen bei 21—24° C. Nach 24 stündiger Cultur sind die Beläge den entsprechenden, bei 28° C. entstandenen ähnlich, jedoch sind sie viel weniger entwickelt als die letzteren. Makroskopisch sind sie nur mit äusserster Mühe, kaum, zu sehen; bei Loupenbetrachtung sind sie überall deutlich wahrnehmbar. Nach weiteren 24 Stunden sind die Beläge besser entwickelt und von

1) Zur Herstellung wurde genommen 15 Agar, 10 Pepton, 5 Kochsalz, 1000 Wasser. Das Gemisch wurde durch Kochen gelöst, neutralisirt, wieder längere Zeit gekocht, filtrirt, dann 20 Milchzucker zugegeben.

den entsprechenden, bei 28° C. entstandenen kaum zu unterscheiden.

3. Culturen bei 37° C. Nach 24stündiger Cultur sind die Beläge durchgehend schwächer als die bei 28° C., aber stärker als die bei 21°—24° C. entstandenen. Nach weiteren 24 Stunden zeigen sich die Beläge nicht erheblich verändert; sie sind durchgehend erheblich schwächer als die bei 28° C. sowie die bei 21—24° C. entstandenen.

Irgend welche Unterschiede der einzelnen Bacterienstämme untereinander traten bei diesen Culturen nicht zu Tage. Die Versuche zeigen, dass unsere Organismen bei 28° C. besser gedeihen als bei 37° C., und bei 37° C. besser als bei 21—24° C. Das Temperaturoptimum dürfte demnach bei etwa 28° C. liegen.

Neben den oberflächlichen Culturen auf Milchzucker-Agar waren gleichzeitig auch Sticheulturen auf diesem Nährboden angelegt worden:

Milchzucker-Agar-Stichculturen[1]). Diese Culturen wurden theils bei 28° C., theils bei 37° C. aufgestellt. Bei 28° C. zeigte sich nach 24stündiger Cultur Folgendes: Im Verlaufe des ganzen Impfstiches, von oben bis unten, hat sich eine ziemlich kräftige, undurchsichtige, bei auffallendem Licht hellgrau aussehende Wucherung entwickelt. Gas ist nicht gebildet. Ueber die Oberfläche des Nährbodens hinaus ist nichts gewachsen. Eine wesentliche Vermehrung des Wachsthums zeigt sich weiterhin nicht. Die bei 37° C. aufgestellten Culturen boten gegenüber den bei 28° C. gehaltenen keine wesentlichen Unterschiede.

Von den ursprünglichen Bouillonculturen waren ferner Stichculturen in Gelatine angelegt worden, und zwar kamen hier vier verschiedene Sorten von Gelatine zur Verwendung, nämlich 1. gewöhnliche Fleischwasser-Pepton-Kochsalzgelatine, 2. solche Gelatine, versetzt mit 2% Traubenzucker, 3. Milchzuckergelatine, ohne Fleisch bereitet, 4. Traubenzuckergelatine, ohne Fleisch bereitet.

1) Der Nährboden war, wie oben angegeben, ohne Fleischwasser bereitet.

1\. 2. Stichculturen in Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine, sowie in Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine mit 2% Traubenzucker. Das Wachsthum erfolgt in den bei Zimmertemperatur aufgestellten Röhrchen in den auf die Einimpfung folgenden Tagen ganz langsam unter Ausbildung eines feinen, dünnen schleierartigen Bandes, welches die durch den impfenden Platindraht in dem Nährboden gerissene Lücke von oben bis unten gleichmässig ausfüllt. Bis zum 7. Culturtage ist das Wachsthum allmählich etwas stärker geworden, jedoch über die erwähnte, rissförmige Lücke nicht hinausgegangen. Mit der Loupe betrachtet, lösen sich die Randtheile der Wucherung im Impfstich in feinste Kügelchen auf. Die Farbe der Wucherung ist weiss. Ueber die Oberfläche des Nährbodens hinaus ist nirgends etwas gewachsen. Zwischen den beiden verschiedenen Nährböden ergeben sich bezüglich des Wachsthums definirbare Differenzen nicht.

Die einzelnen Bakterienstämme zeigen unter einander keinerlei Abweichungen bezüglich der Erscheinungsweise der Culturen.

3\. 4. Stichculturen in Milchzuckergelatine (ohne Fleischwasser hergestellt), sowie in Traubenzuckergelatine (ebenfalls ohne Fleischwasser hergestellt)[1]). Irgend welche Unterschiede in dem Wachsthum unserer Bakterien auf diesen Nährböden einerseits und auf den zu den vorhergehenden Versuchen benutzten Nährgelatinen andererseits ergaben sich nicht. Die Stichculturen zeigten in allen Fällen identische Entwickelung.

Ebenso konnten Differenzen in dem Verhalten der verschiedenen Bakterienstämme unter einander nicht herausgefunden werden.

Von den ursprünglichen Fleischbouillonculturen wurden ferner Kartoffelculturen im Reagenzglase angelegt, die bei 28° C. (d. h. bei dem Temperaturoptimum) aufgestellt wurden.

---

1) In 1000 Leitungswasser hinein wurden gegeben 100 Gelatine, 10 Pepton, 5 Kochsalz. Nach der Lösung bei gelinder Erwärmung wurde neutralisirt, ein Hühnereiweiss zugefügt, geschüttelt, gekocht, nach der Klärung filtrirt, dann 20 Milchzucker resp. Traubenzucker zugegeben.

Kartoffelculturen. Nach 24stündiger Cultur war von einem Wachsthum noch nichts zu sehen. Nach weiteren 24 Stunden zeigten einige von den Kartoffelflächen ein etwas feuchteres Aussehen. Mikroskopisch (hängender Tropfen) wurden hier theils massenhafte Bacterienzellen von der oben beschriebenen Gestalt gesehen, theils war von Bacterienzellen nichts aufzufinden. Ein irgendwie makroskopisch deutlicher Belag auf der Kartoffelfläche kam nirgends zu Stande.

Es geht hieraus hervor, dass unsere Bacterien auf der Kartoffel nur sehr kümmerlich wachsen.

Irgend welche greifbaren Unterschiede in dem Verhalten der verschiedenen Bacterienstämme unter einander fanden sich nicht.

Es wurden ferner Gelatineplattenculturen von unseren Organismen angelegt, und zwar kamen gewöhnliche Nährgelatine, sowie 2proc. Traubenzucker-Fleischwasser-Gelatine zur Anwendung.

1. Plattenculturen mit Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine. Im Laufe der nächsten, auf die Einsaat folgenden Tage entwickeln sich kleine Colonien, welche im Innern der Gelatine über eine Grösse von 0,05—0,09—0,12 mm überhaupt nicht hinausgehen. Sie sind in der Durchsicht (schwache Vergrösserung) meist hellbräunlich gefärbt, von kreisrunder oder rundlicher Gestalt, mit glattem Rand und feinkörnigem Inhalt. An der Oberfläche des Nährbodens breiten sie sich mitunter etwas aus, so dass sie da 0,18—0,19 mm Durchmesser erreichen können. Die an der Oberfläche liegenden Colonien imponiren makroskopisch als weisse, von einer glasigen Gelatineschicht überzogene, häufchenförmige Gebilde.

Eine besondere Versuchsreihe, bei der — unter Verwendung gewöhnlicher Nährgelatine — dem Nährboden Calciumcarbonat zugesetzt wurde, zeigte, dass in der gewöhnlichen Nährgelatine Säure nicht gebildet wird: es kam nirgends zur Ausbildung von durchsichtigen Höfen um die Colonien herum.

Unterschiede in dem Aussehen der Plattencolonien der verschiedenen Bacterienstämme fanden sich nicht.

2. Plattenculturen mit 2proc. Traubenzucker-Fleischwasser-Gelatine unter Zusatz von Calcium-

carbonat. Nach 3tägiger Cultur bei Zimmertemperatur sind die Colonien auf den Verdünnungsplatten durch Bildung durchsichtiger Höfe (Säurebildung) ausgezeichnet; auf den Originalplatten finden sich solche Höfe nicht[1]). Im Centrum der einzelnen Höfe der Verdünnungsplatten finden sich kleine, schneeweisse, meist leicht über die Gelatine prominirende Colonien; diese prominirenden Colonien zeigen jedoch ihre Bacterienmasse stets noch von einer glänzenden, durchsichtigen Gelatinehülle umkleidet. Bei schwacher Vergrösserung erscheinen die Colonien als heller oder dunkler bräunlich gefärbte, ziemlich regelmässig rundlich gestaltete, mit glattem Rand versehene und mit feinkörnigem Inhalt erfüllte Gebilde, deren Durchmesser von 0,22—0,3—0,35 mm schwankt. An denjenigen Stellen der Plattencultur, an denen die Gelatineschicht (im Schälchen) zufällig sehr dünn ist, erscheinen die Colonien ungefärbt, bei tieferer Einstellung dunkel, bei hoher Einstellung hellglänzend. Es kommen auch dünne scheibenförmige, ganz leicht hellbräunlich gefärbte Colonien vor. In dieser Weise entwickeln sie sich, wenn sie auf dem Grunde der Nährgelatine, dem Glase unmittelbar anliegend, sich ausbreiten.

Es geht aus diesem Versuch im Vergleich mit dem vorhergehenden hervor, dass unsere Organismen sich auf zuckerhaltiger Gelatine erheblich besser entwickeln, als auf zuckerfreier.

Irgend welche definirbaren Unterschiede in dem Wachsthum der einzelnen Bacterienstämme unter einander waren nicht zu bemerken.

Culturen in Gährungskölbchen mit 2proc. Traubenzucker-Fleischwasser-Bouillon. Nach 24stündiger Cultur zeigten die bei 28° C. aufgestellten Gährungskölbchen sämmtlich intensive Entwickelung der eingesäeten Organismen. Während in zuckerfreier Bouillon (siehe oben) nur eine mässige Trübung auftritt, so beobachtet man nach der Einimpfung in die traubenzuckerhaltige Bouillon stets das Auftreten einer intensiven Trübung des Nährbodens, wobei der letztere stark saure Reaction annimmt. Die Trübung beobachteten wir in unserem ersten Versuch mit

---

1) Ueber den Grund dieser Differenz siehe weiter unten.

Gährungskölbchen bei sämmtlichen Bacterienstämmen (mit Ausnahme von ϱ) nur in der Kugel des Kölbchens, d. h. in dem mit dem atmosphärischen Sauerstoff in Contact stehenden Theile der Culturflüssigkeit; die Flüssigkeit in dem aufsteigenden, von der Atmosphäre abgeschlossenen Schenkel war absolut klar geblieben (nur ϱ zeigte gleichmässige allgemeine Trübung der ganzen Flüssigkeit). Wenn es sich nun bei unseren Bacterien um eigenbewegliche Organismen handelte, so würde das obige Verhalten dafür sprechen, dass die Stämme — mit Ausnahme von ϱ — sämmtlich streng aërobe Eigenschaften hätten. Es handelt sich aber bei unseren Bacterien ohne Ausnahme um Organismen ohne Eigenbewegung; und desshalb ist ein Schluss auf das Sauerstoffbedürfnis der Organismen aus dem Ausfall des obigen Versuches nicht zu ziehen. Nur das geht mit Sicherheit aus dem Versuch hervor, dass der Stamm ϱ ohne freien Sauerstoff zu wachsen vermag, denn anderenfalls hätte ja in dem aufsteigenden Schenkel des Kölbchens eine Trübung nicht auftreten können. (Die Kölbchen waren vor der Impfung durch Erhitzung im Dampftopf luftfrei gemacht worden.) Dass unsere Schlüsse richtig waren, ging auch daraus hervor, dass in allen Kölbchen bis zum nächstfolgenden Tage eine totale Trübung der Flüssigkeit erzielt wurde, nachdem an dem Tage der ersten Besichtigung durch Hin- und Herneigen der einzelnen Kölbchen ein Theil der Bacterienmasse künstlich in den aufsteigenden Schenkel hineingespült worden war. Die bei ϱ gleich von vornherein aufgetretene gleichmässige Trübung der ganzen Flüssigkeit ist nach alledem durch zufällige Flüssigkeitsströme zu erklären, die, sei es beim Impfen des Kölbchens, sei es während der Entwickelung des eingesäten Materials, die Bacterienzellen in den aufsteigenden Schenkel des Kölbchens verschleppt hatten. Ein erneuter Versuch mit ϱ ergab übrigens zunächst nur eine lokale Trübung der Flüssigkeit in der Kugel. Gasbildung fand sich in keinem einzigen der Kölbchen; auch in Spuren war dasselbe nicht vorhanden.

Jede einzelne Kölbchencultur wurde auch mikroskopisch untersucht. In allen Fällen waren die Culturen absolut rein. Es handelte sich stets um kleine Doppelstäbchen, die entweder

in einzelnen Paaren oder zu kleinen Ketten (2, 3, 4 Paare), hier und da auch zu grösseren verfilzten Conglomeraten vereinigt waren. Die Enden der Stäbchen zeigten sich meist lanzettförmig zugespitzt; es wurden aber auch abgerundete Enden angetroffen. Eigenbewegung war nirgends vorhanden. Irgend etwas, was morphologisch als Sporen hätte gedeutet werden können, fand sich nicht.

Ausser den beschriebenen Culturen in traubenzuckerhaltiger Bouillon wurden auch solche in milchzuckerhaltiger Bouillon angestellt.

Culturen in Gährungskölbchen mit 2proc. Milchzucker-Fleischwasser-Bouillon. Nach 24stündiger Cultur bei 28° C. zeigten die Kölbchen folgendes Verhalten: η, ι, ϰ, λ, λ an, μ an, ν an, π, ϱ, ϱ an zeigten totale Trübung der ganzen Flüssigkeit; bei μ und ν war nur die Kugel getrübt, bei π an und τ an erstreckte sich die Trübung aus der total getrübten Kugel etwas in den aufsteigenden Schenkel des Kölbchens hinein. Die Flüssigkeit war überall kräftig sauer; nirgends hatte sich eine Spur Gas entwickelt. Nachdem die Kölbchen etwas hin- und hergeneigt, dann wieder bei 28° C. aufgestellt worden waren, zeigten sie am nächsten Tage sämmtlich gleichmässige Trübung der gesammten Culturflüssigkeit. Hier und da begann auch bereits Sedimentirung. Nach weiteren 24 Stunden der Cultur hatte sich in sämmtlichen Kölbchen die gesammte Bacterienmasse zu Boden gesenkt, die Flüssigkeit in der Säule war wieder klar geworden.

Der gesammte Versuch wurde wiederholt. Diesmal zeigten nach 24stündiger Cultur sämmtliche Kölbchen — mit Ausnahme von ϱ an — totale Trübung der ganzen Culturflüssigkeit; bei ϱ an fand sich der Nährboden nur in der Kugel getrübt.

Es geht aus den beschriebenen Versuchen mit den Gährungskölbchen zur Evidenz hervor, dass die Entwickelung der in die Zuckerbouillon eingebrachten Michsäurebacterien zunächst immer nur dort stattfindet, wo die Bacterien bei der Einimpfung direct hingebracht wurden, dass dagegen höher liegende Partien der Culturflüssigkeit nur dann eine Trübung durch Bacterienent-

wickelung zeigen, wenn durch zufällige Flüssigkeitsströme (die vielleicht gelegentlich durch Temperaturdifferenzen im Brütraume zu Stande kommen) Bacterienzellen in diese Partien der Flüssigkeit verschleppt werden.

Irgend welche specifische Differenzen unserer einzelnen Bacterienstämme unter einander wurden auch bei diesen Versuchen nicht gefunden.

Um festzustellen, ob unsere Bacterien auf eiweissfreiem Nährboden gedeihen, construirten wir eine Culturflüssigkeit, welche bestand aus 6,0 Natriumchlorid, 0,1 Calciumchlorid, 0,3 Magnesiumsulfat, 2,0 Dikaliumphosphat, 3,0 Asparaginsäure (durch Natriumoxydhydrat und Ammoniak neutralisirt), 20,0 Milchzucker, 1000,0 Wasser. Die neutrale oder ganz schwach alkalische Flüssigkeit wurde in Gährungskölbchen eingefüllt, die dann behufs Sterilisirung an drei aufeinander folgenden Tagen je 1/2 Stunde im Dampftopf erhitzt wurden. Die Kölbchen wurden dann beimpft und bei 28° C. aufgestellt. In keinem einzigen der Kölbchen beobachteten wir irgendwie merkliche Entwickelung der eingeführten Organismen; in keinem einzigen kam es zu deutlicher Säuerung der Flüssigkeit. Selbstverständlich wurde auch nirgends Gasentwickelung beobachtet. Die Kölbchen wurden 6 Tage lang sorgfältig beobachtet.

Besondere Versuche über die Frage, ob die von uns isolirten Bacterienstämme auch unter streng anaëroben Verhältnissen zu gedeihen vermögen, haben wir nicht angestellt. Dass jedoch Entwickelung bei strengster Anaërobiose stattfindet, zeigen unsere oben referirten Versuche an Gährungskölbchen mit Zuckerbouillon. Die Thatsache, dass es unter allen Umständen gelang, die eingesäeten Bacterien in dem aufsteigenden Schenkel der (vor der Impfung luftfrei gemachten) Kölbchen zur Vermehrung zu bringen, spricht mehr als jeder sonst anstellbare Versuch dafür, dass unsere Bacterienstämme sämmtlich bei Abschluss des freien Sauerstoffes zu gedeihen vermögen. Ueberdies waren ja eine Reihe der Stämme aus anaëroben Platten gewonnen.

Um frisches Material von unseren Mikroorganismen zur Herstellung von Deckglas-Präparaten zu bekommen, an denen die Einwirkung der Gram'schen Färbungsbehandlung studirt werden sollte, legten wir — unter Abimpfung von Fleisch-Bouillon-Culturen — Oberflächenculturen auf Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Agar an, die bei 28° C. gehalten wurden. Nach 24stündiger Cultur zeigten sämmtliche Röhrchen makroskopisch noch so gut wie nichts. Mit der Loupe sah man auf sämmtlichen Röhrchen einen äusserst dünnen und zarten, wie aus feinsten Thautröpfchen bestehenden Belag. Derselbe war entschieden dünner als der, der bei den entsprechenden Versuchen mit Zucker-Agar beobachtet worden war. Die Cultur μ zeigt einen von dem beschriebenen etwas abweichenden Befund: hier ist nämlich der Belag noch dünner als bei den anderen Culturen; die Thautröpfchen liegen hier — obgleich bei den Einsaaten der verschiedenen Stämme möglichst gleichmässig zu Werke gegangen war — entfernter von einander als bei den Culturen der anderen Stämme.

Von sämmtlichen Culturen werden nun Deckglaspräparate hergestellt, die nach der Gram'schen Methode gefärbt werden. Es zeigte sich hierbei zunächst, dass unsere sämmtlichen Bacterienstämme die Eigenthümlichkeit haben, sich nach der Gram'schen Methode zu färben. Ueberall zeigte sich — mit Ausnahme von μ — ein identisches Bild: Haufen von kleinen, kurzen, meist lanzettförmig zugespitzten Bacillen (Länge der einzelnen Zellen ziemlich genau 1,0 μ, Dicke 0,5—0,6 μ); vielfach sind die Zellen auch zu zweien vereinigt, hier und da bilden sie kurze Ketten. Die Cultur μ zeichnet sich dadurch aus, dass sich fast durchgängig längere Ketten zeigen und fast keine Haufen da sind; die Gestalt und Grösse der einzelnen Zellen ist die vorstehend beschriebene.

Eine erneut angelegte μ-Cultur auf Nähr-Agar zeigte bei der makroskopischen und mikroskopischen Prüfung dieselben Eigenschaften, wie sie die erste Cultur darbot.

Die beobachtete Abweichung der Cultur μ von den Eigenschaften der übrigen Bacterienstämme war bisher die einzige

Differenz, welche in dem Verhalten der verschiedenen Stämme unter einander zur Beobachtung gelangte. Wir wollten aus dieser geringfügigen Differenz zunächst auf eine Artverschiedenheit der μ-Cultur gegenüber den anderen Stämmen nicht schliessen, zumal da sich in dem mikroskopischen Bilde bei Gelegenheit der berichteten früheren Versuche Differenzen nicht ergeben hatten. Wir wurden aber durch den eigenthümlichen Befund bei unserer letzten μ-Cultur veranlasst, einige besondere Versuche anzustellen, welche uns über die Eigenschaften des Stammes μ gegenüber den anderen Stämmen eventuell Aufklärung bringen sollten.

Zunächst wurde nochmals ein Gährungskölbchen mit Traubenzucker-Bouillon mit μ beimpft. Es entwickelte sich in 24 Stunden bei 28 ° C. kräftige Trübung in der Kugel; mikroskopisch fanden wir kurze Ketten, aber auch vielfach zu zweien verbundene Stäbchen, ein Befund, welcher von dem früher bei unseren Organismen in Traubenzucker-Bouillon-Culturen erhobenen nicht irgendwie different ist. Die Reaction der Flüssigkeit war kräftig sauer; Gas hatte sich nicht entwickelt.

Ferner wurden von dem Stamme μ und zum Vergleich auch von einem der anderen Stämme (es wurde η dazu genommen) Parallelculturen angelegt auf der Oberfläche von 1. Fleischwasser-Pepton-Agar, 2. Michzucker-Pepton-Agar (ohne Fleisch bereitet), 3. Fleischwasser-Glycerin-Pepton-Agar. Die Culturen wurden bei 28° C. gehalten. Es ergab sich Folgendes (siehe Tabelle I):

Tabelle I.

	Fleischwasser-Pepton-Agar	Milchzucker-Agar	Glycerin-Agar
η	Nach 24 Stunden: Makroskopisch sichtbares Wachsthum (feinste Thautröpfchen).	Nach 24 Stunden: Erheblich besseres Wachsthum als auf Fleischwasser-Pepton-Agar. Makroskopisch deutlicher grauer Belag.	Nach 24 Stunden: Kein erheblicher Unterschied von der Fleischwasser-Pepton-Agar-Cultur.
	Nach 4 Tagen: Nur wenig verändert gegen den vorigen Befund.	Nach 4 Tagen: Der Belag hat noch etwas zugenommen.	Nach 4 Tagen: Keine wesentliche Veränderung.

Fortsetzung zu Tabelle I.

	Fleischwasser-Pepton-Agar	Milchzucker-Agar	Glycerin-Agar
μ	Nach 24 Stunden: Makroskopisch fast nicht sichtbares Wachsthum (feinste Thautröpfchen).	Nach 24 Stunden: Besser gewachsen als auf Fleischwasser-Pepton-Agar; die Colonien (Thautröpfchen) liegen zerstreuter als bei der entsprechenden η-Cultur.	Nach 24 Stunden: Kein erheblicher Unterschied von der Fleischwasser-Pepton-Agar-Cultur.
	Nach 4 Tagen: Makroskopisch deutlich sichtbarer Belag, sonst nicht erheblich verändert.	Nach 4 Tagen: Der Belag hat noch etwas zugenommen.	Nach 4 Tagen: Nicht deutlich verändert gegen den vorigen Befund.

Irgend etwas wesentlich Neues hatte uns dieser Versuch nicht gelehrt.

Es wurden nun vergleichende Plattenculturen von η und μ angelegt, und zwar unter Benutzung 1) von gewöhnlicher Nährgelatine (Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine), 2) von 2proc. Traubenzucker-Gelatine (ohne Fleisch bereitet) mit Zusatz von Calciumcarbonat.

Es ergab sich Folgendes:

Tabelle II.

		Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine	Traubenzucker-Gelatine mit Calciumcarbonat
η	Nach 3 Tagen	Originalplatte: Ziemlich dicht liegende Colonien, 10 bis 25 μ Durchmesser; die Colonien sind rund, feinkörnig, leicht hellgelblichbraun.	Originalplatte: Ziemlich dicht liegende, kreisrunde, helldurchsichtige (soweit die Kreidetrübung das zulässt) Colonien, 40—90 μ im Durchmesser. Keine Säuerungskreise.
		I. Verdünnung: Colonien haben 100—175 μ Durchmesser, sind kreisrund, feinkörnig, hellbraun. Makroskopisch weisse Pünktchen; die oberflächlichen prominiren über die Gelatineoberfläche.	I. Verdünnung: Die Colonien haben 200—250 μ Durchmesser, sind mit Säuerungskreisen versehen. Makroskopisches Aussehen wie auf der Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine.

Fortsetzung zu Tabelle II.

		Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Gelatine	Traubenzucker-Gelatine mit Calciumcarbonat
	Nach 3 Tagen	II. Verdünnung: Ganz vereinzelte, bis 450 μ grosse Colonien.	II. Verdünnung: Ganz vereinzelte Colonien von der Grösse wie in der I. Verdünnung (siehe oben).
η	Nach 6 Tagen	Originalplatte: Die Colonien sind gegen den ersten Befund (vor 3 Tagen) kaum grösser geworden.	Originalplatte: Nicht wesentlich verändert gegen den Befund vor drei Tagen. Keine Säuerungskreise.
		I. Verdünnung: Die Colonien sind 140—175 μ gross, kreisrund, feinkörnig, hellbraun. Makroskopisches Aussehen wie vor 3 Tagen.	I. Verdünnung: 250—300 μ grosse Colonien, rund, bräunlich, feinkörnig. Makroskopisch weiss, mit Säuerungskreisen.
		II. Verdünnung: Zum Theil massige, weisse Colonien, makroskopisch kugelförmig aussehend; Durchmesser 425 bis 460 μ. Ferner häutchenförmige, graue Colonien, nicht ganz so regelmässig rund; Durchmesser 750—875 μ.	II. Verdünnung: Compacte, 300—390 μ grosse Colonien mit (bis 2 mm grossen) Säuerungskreisen. Auch häutchenförmige graue (oberflächliche), ca. 750 μ grosse Colonien mit Säuerungskreisen, die weniger durchsichtig sind (grössere Entfernung des Calciumcarbonats von der Colonie.)
μ	Nach 3 Tagen	Originalplatte: Nicht sehr dicht liegende Colonien von der Grösse wie bei η.	Originalplatte: Es gibt grosse Colonien (100—150 μ Durchmesser) mit Säuerungskreis und ohne solchen, sowie kleine Colonien (nur 15—25 μ gross); letztere sind alle ohne Säuerungskreis.
	Nach 6 Tagen	Originalplatte: Keine wesentliche Veränderung gegen den vorigen Befund. Auch einzelne grössere Colonien, ca. 100 μ gross.	Originalplatte: Die grossen Colonien sind auf 160—200 μ, die kleinen bis auf ca. 50 μ Durchmesser gewachsen. Sonst nichts Wesentliches verändert.
		I. Verdünnung: Nur vereinzelte Colonien vorhanden, ca. 100 μ und etwas darüber im Durchmesser haltend.	I. Verdünnung: Vereinzelte, 375—425 μ grosse, rundliche Colonien mit ca. 1 bis 1,5 mm grossem Säuerungskreis. Eine Reihe von (oberflächlichen) Colonien auch ohne Säuerungskreis.

Irgend eine wesentliche Differenz zwischen den Stämmen η und μ hatte sich bei diesem Versuche nicht herausgestellt. Der Versuch hatte eigentlich weiter nichts gezeigt, als was wir schon bei früheren Versuchen gesehen hatten, nämlich, dass unsere Organismen auf zuckerhaltigem Nährboden so ganz erheblich besser gedeihen als auf zuckerfreiem.

Eine Erscheinung, die wir in allen einzelnen Versuchen mit Zuckergelatine-Plattenculturen gesehen hatten, wurde auch hier wieder beobachtet: Auf den (dichter besäten) Originalplatten war es ganz wesentlich weniger zur Auflösung des zugesetzten Calciumcarbonates gekommen als auf den (dünner besäten) Verdünnungsplatten. An den Platten η des letztbeschriebenen Versuches machten wir nun den Versuch, den Grund für diese Erscheinung zahlenmässig zu bestimmen. Nach 13tägigem Wachsthum wurden die Platten η, die mit Traubenzuckergelatine unter Zusatz von Calciumcarbonat hergestellt waren, nochmals besichtigt. Die Originalplatte zeigte nirgends merkliche Auflösung des Calciumcarbonats, die I. Verdünnungsplatte zeigte schöne grosse Säuerungskreise. Bei schwacher Vergrösserung (Zeiss AA, Oc. 3) kamen auf ein Gesichtsfeld, welches $110 \cdot 12{,}5\ \mu$ Durchmesser besass, bei der Originalplatte ca. 40 Colonien. Die einzelnen Colonien besassen einen Durchmesser von etwa $50\ \mu$. Der Durchmesser einer bestimmten Colonie auf der I. Verdünnungsplatte, welche etwa Durchschnittsgrösse besass, betrug genau $300\ \mu$. Der zugehörige Säuerungskreis hatte einen Durchmesser von $45 \cdot 12{,}5\ \mu$. Das Verhältnis der Bacterienmassen der auf ein Gesichtsfeld kommenden 40 Colonien der Originalplatte einerseits und einer Colonie auf der I. Verdünnungsplatte andererseits ist demnach $40 \cdot 50^3 : 300^3$ oder $5\,000\,000 : 27\,000\,000$ oder $5 : 27$ oder $1 : 5{,}4$; d. h. eine Colonie der I. Verdünnungsplatte hat 5,4 Mal soviel Masse wie 40 Colonien der Originalplatte (die sich auf ein kreisförmiges Feld von $110 \cdot 12{,}5\ \mu$ Durchmesser vertheilen) zusammen. Nimmt man nun an, dass sich die Säuerungswirkung der 40 Colonien der Originalplatte auf den durch die Grösse des Gesichtsfeldes bestimmten Theil der Platte ausdehnt, ferner, dass die Säuerungs-

wirkung der einen Colonie der Verdünnungsplatte sich auf den durch den Säuerungskreis bezeichneten Theil der Platte bezieht, so verhalten sich die Grössen der beeinflussten Stelle auf der Origininalplatte zu der auf der Verdünnungsplatte wie

$$110^2 : 45^2 \text{ oder wie } 22^2 : 9^2 \text{ oder wie}$$

$$484 : 81 \text{ oder wie } 1 : \frac{81}{484};$$

d. h. die durch die eine Colonie der Verdünnungsplatte beeinflusste Gelatinemenge beträgt nur $\frac{81}{484}$ von der Menge, die durch die 40 Colonien der Originalplatte beeinflusst wird. Da nun, wie oben entwickelt, die Masse der einen Colonie der Verdünnungsplatte 5,4 Mal so gross ist wie die der 40 Colonien der Originalplatte, so muss die auf den Platten zu Tage tretende Säuerungswirkung bei der Verdünnungsplatte

$$5{,}4 \cdot \frac{484}{81} \text{ oder } 0{,}6 : \frac{484}{9} \text{ oder } 0{,}2 \cdot \frac{484}{3}$$

oder 0,2 · 161,3 oder 32,27 Mal so gross sein wie bei der Originalplatte.

Die Auflösung des Calciumcarbonates tritt also auf den dicht besäten Platten deshalb so ausserordentlich viel weniger in die Erscheinung als auf den dünn besäten, weil die (säurebildenden) Colonien sich auf den dichtbesäten Platten so viel weniger gut entwickeln können als auf den dünnbesäten.

Versuche, betreffend die Resistenz unserer Milchsäurebacterien gegen höhere Temperaturen. Zu diesen Versuchen wurden 7 tägige Culturen in Fleischwasser-Pepton-Kochsalz-Bouillon verwendet; und zwar wurden nicht alle einzelnen Bacterienstämme geprüft, sondern nur die Stämme η, μ und τ an. Vor der Einwirkung der höheren Temperatur wurde mit einer bestimmten Oese der aufgeschüttelten Bouilloncultur eine Platte — unter Verwendung von Traubenzuckergelatine, ohne Calciumcarbonat — angelegt; nach der Erhitzung wurde mit derselben Quantität Material in derselben Weise eine Platte hergestellt. Die Erhitzung fand in der Weise statt, dass das die Cultur enthaltende Reagenzglas

mit seinem unteren Theile in ein auf die entsprechende Temperatur erwärmtes Wasserbad getaucht und in demselben während der ganzen Dauer des Versuches kräftig hin und her geschüttelt wurde. Nach Ablauf der für die Einwirkung der Erhitzung festgesetzten Zeit wurde das Röhrchen aus dem warmen Wasser genommen und sofort in kaltem Wasser (durch Hin- und Herbewegen) schnell abgekühlt. Während auf den Platten, die von dem nicht erhitzten Materiale angestellt wurden, überall zahlreiche kleine Colonien aufgingen, so ergab eine 10 Minuten auf 60° C. gehende Erhitzung völlige Abtödtung des Bacterienmaterials. Als dann der Versuch mit nur 3 Minuten langer Erhitzung auf 60° C. wiederholt wurde, erfolgte bei η und μ völlige Abtödtung, während auf der von der erhitzten εan-Cultur angelegten Platte Colonien sich entwickelten; ihre Menge betrug aber nur etwa ein Drittel von der Anzahl der entsprechenden mit dem nicht erhitzten Materiale hergestellten Platte. Es scheint also die 3 Minuten dauernde Erhitzung auf 60° C. etwa diejenige Beeinflussung durch Hitze zu sein, bei der unsere Bacterien (in Bouillonculturen) ernstlich geschädigt zu werden beginnen.

IV. Zusammenfassung der Resultate.

In den untersuchten Proben spontan sauer gewordener Milch fanden wir constant eine, und zwar nur eine, bestimmte Bacterienart, welche, in sterile Milch geimpft, dieselbe unter starker Säuerung zur Gerinnung bringt.

Die Bacterienart stellt kleine (1,0 μ lange, 0,5—0,6 μ dicke), an den Enden meist lanzettförmig zugespitzte Stäbchen ohne Eigenbewegung dar, die meist zu zweien verbunden sind, aber auch in kleinen Ketten angeordnet vorkommen, hie und da auch haufenartige Conglomerate bilden.

Sporenbildung wurde nicht beobachtet. Die Stäbchen färben sich nach der Gram'schen Methode.

Die Stäbchen lassen sich auf künstlichen Nährböden, und zwar unter aëroben Bedingungen ebenso wie unter anaëroben, züchten; sie wachsen am besten bei ca. 28° C., bei 37° C. etwas weniger gut, bei 21—24° C. noch weniger gut.

Auf den gewöhnlichen, zuckerfreien Nährböden ist das Wachsthum erheblich weniger gut als auf zuckerhaltigen; bezüglich des Wachsthums auf den letzteren Nährböden macht es keinen Unterschied, ob Milchzucker oder Traubenzucker genommen wird.

Die Nährgelatine wird nicht verflüssigt. Auf der gewöhnlichen, zuckerfreien Nährgelatine entstehen — auf dünn besäten Platten — weisse, makroskopisch punktförmig erscheinende, bei oberflächlichem Wachsthum über die Gelatineoberfläche prominirende Colonien, deren Durchmesser 0,5 mm fast nie überschreitet, gewöhnlich sogar weit unter dieser Grenze bleibt (0,1—0,2 mm). Auf Traubenzucker- oder Milchzucker-Gelatineplatten werden die Colonien gewöhnlich etwas grösser. Das makroskopische Aussehen ist dasselbe wie auf zuckerfreier Gelatine.

Auf der Agaroberfläche bilden sich — und zwar auf zuckerhaltigem Nährboden etwas kräftiger als auf zuckerfreiem — zarte durchsichtige Beläge, welche wie aus feinsten Thautröpfchen gebildet erscheinen.

Gewöhnliche, zuckerfreie Nährbouillon wird nur ganz mässig durch die Entwickelung der eingesäten Bacterien getrübt; die chemische Reaction wird nicht verändert. In traubenzucker- oder milchzuckerhaltiger Bouillon ist das Wachsthum dagegen ein sehr rapides; es findet hier intensive Trübung der Culturflüssigkeit unter starker Säuerung statt.

Bei der Cultur in Gährungskölbchen mit Traubenzuckerbouillon oder mit Milchzuckerbouillon findet keine Gasentwickelung statt.

In eiweissfreier (zuckerhaltiger) Nährlösung scheint sich unsere Bacterienart nicht entwickeln zu können.

Auf Kartoffeln scheint nur sehr spärliches Wachsthum zu erfolgen.

Eine 3 Minuten dauernde Erhitzung auf 60° C. scheint etwa diejenige Beeinflussung durch Hitze zu sein, bei der unsere Bacterien (in Bouillonculturen) ernstlich geschädigt zu werden beginnen.

Die bei der Cultur in Milch producirte Säure ist in allen Fällen reine Rechtsmilchsäure.

Für die auffallende Thatsache, dass sich in spontan geronnener Milch gewöhnlich inactive Milchsäure oder eine Mischung von inactiver und Rechtsmilchsäure, und nur in sehr seltenen Fällen reine Rechtsmilchsäure findet, während der von uns isolirte Mikroorganismus stets reine Rechtsmilchsäure bildet, haben wir vorläufig keine Erklärung.

Es ist unserer Ansicht nach sehr wahrscheinlich, dass der charakterisirte Organismus mit dem Lister'schen Bacterium lactis und dem Hueppe'schen Bacillus acidi lactici identisch ist[1]).

Der beschriebene Organismus lässt sich mit grosser Leichtigkeit aus frischer, spontan geronnener Milch mit Hülfe des von uns angewandten, von Beyerinck zuerst angegebenen Verfahrens (Herstellung von Säuerungskreisen auf Zuckergelatineplatten, die mit Calciumcarbonat versetzt sind) rein cultiviren.

---

1) Nach den Angaben von Hueppe (a. a. O.) bestehen allerdings gewisse Unterschiede zwischen dem Hueppe'schen und dem von uns studirten Bacillus. Der Hueppe'sche Bacillus soll Sporenbildung zeigen, eine Erscheinung, die wir bei dem unserigen nicht zu constatiren vermochten. Ferner soll der Hueppe'sche Bacillus streng aërob sein; auch dies fanden wir bei unserem Bacillus nicht.

Ueber die Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der Luft für physiologische und hygienische Zwecke.

Von

N. P. Schierbeck,
(Kopenhagen.)

Ein wichtiges Glied der Wärmeregulirung des menschlichen Organismus ist diejenige Ausscheidung von Wasser, die unausgesetzt an der Oberfläche des Körpers vorgeht. Das ausgeschiedene Wasser verdampft, hierdurch wird Wärme gebunden, und die Oberfläche des Körpers wird in entsprechendem Maasse abgekühlt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen geschieht diese Wasserausscheidung unmerkbar, indem die Verdampfung des Wassers mit der Ausscheidung gleichen Schritt hält; unter besonderen Verhältnissen dagegen wird die Wasserausscheidung so reichlich, dass die Verdampfung nicht mehr so schnell wie die Ausscheidung vorgehen kann, und es tritt dann an der Oberfläche des Körpers Schweiss auf. Die Ausscheidung von Wasser ist in beiden Fällen als das Resultat eines activen Processes in den Zellen der Schweissdrüsen zu betrachten, während die Verdampfung des Wassers dagegen physikalischen Gesetzen unterworfen sein muss, und zwar den nämlichen, die für die Verdampfung an der Oberfläche von Flüssigkeiten, oder an leblosen Gegenständen gelten, mithin also von atmosphärischen Verhältnissen wie der Temperatur und dem Drucke der Luft, dem Feuchtigkeitsgrade, und der Geschwindigkeit des Windes abhängig sind.

Um den Einfluss eines Klimas auf den Organismus zu beurteilen, — es möge nun von dem natürlichen Klima, von gewissen Winden, oder von dem künstlichen Klima, das wir uns

in unseren Wohnungen bilden, die Rede sein — ist es deshalb notwendig, Kenntnis derjenigen Gesetze zu besitzen, welche der Verdampfung zu Grunde liegen, und welche bestimmen, was wir die austrocknende Wirkung des Klimas oder der Luft nennen können. Diese Kenntnis ist auch in anderer Richtung von Bedeutung, nämlich für die Beurtheilung des Austrocknungsgrades neuerrichteter Gebäude. In mehreren Städten, z. B. hier in Kopenhagen, wird es vor der Inbrauchnahme eines Gebäudes verlangt, dass die Baubehörden dessen Austrocknungsgrad bescheinigen. Bei der Ausfertigung dieses Scheines ist ausser anderem auch die Jahreszeit zu berücksichtigen, in welcher das Gebäude aufgeführt wurde, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass das Austrocknen während der verschiedenen Jahreszeiten nicht mit gleicher Geschwindigkeit vorgeht. Soll eine derartige Beurtheilung sich indess auf mehr als ein subjectives Gutachten stützen, so muss man erstens wissen, welche meteorologischen Verhältnisse das Austrocknen bedingen, und ferner den Austrocknungsgrad dieser im Einzelnen gegebenen Falle vorgefundenen meteorologischen Verhältnisse durch Zahlen auszudrücken vermögen, und das nämliche gilt natürlich für die Beurtheilung rücksichtlich des menschlichen Organismus.

Die atmosphärischen Verhältnisse, von denen man im Voraus erwarten kann, dass sie Einfluss auf die Verdampfung üben, mithin die austrocknende Kraft der Luft bedingen, sind die Temperatur und der Feuchtigkeitsgrad der Luft, der Luftdruck und die Geschwindigkeit des Windes. In der vorliegenden Abhandlung war es deshalb meine Aufgabe, zu untersuchen, auf welche Weise die Verdampfung von diesen Verhältnissen abhängig ist, und inwiefern diese Abhängigkeit sich durch eine unter allen Verhältnissen gültige mathematische Formel ausdrücken lässt, die mithin der Ausdruck der austrocknenden Wirkung der Luft werden müsste.

Bei der Beurtheilung der austrocknenden Wirkung der Luft müssen wir sogleich zwei verschiedene Momente auseinander halten, welche im hier besprochenen Zusammenhange von höchst verschiedenem Werthe sind. Eins ist, wieviel Wasser von der

Oberfläche des Körpers oder eines leblosen Gegenstandes überhaupt durch Verdampfung an ein gewisses Volumen Luft mit gewisser Temperatur, gewissem Feuchtigkeitsgrade u. s. w. abgegeben werden kann, ein anderes, wie schnell diese Verdampfung vorgehen wird. Ersteres Moment hängt natürlich einzig und allein davon ab, wieviel Wasserdampf die gegebene Luft aufzunehmen vermag, und dies wird wieder einzig und allein von dem vorhandenen Spannungs- oder Sättigungsdefizit der Luft abhängig sei: von dem Unterschied zwischen der vorhandenen Dampfspannung oder Dampfmenge und der bei der gegebenen Temperatur möglichst hohen Dampfspannung oder Menge. Die bis zur Sättigung der Luft verdampfte Wassermenge wird also dem Spannungs- oder Sättigungsdefizit der Luft proportional. Dieses Moment hat für uns indess nur geringe Bedeutung. Dasselbe ist nämlich nur ein Maassstab derjenigen Wassermenge, welche ein begrenztes Volumen Luft in vollständiger Ruhe überhaupt dem Organismus oder leblosen Gegenständen entziehen kann. Bei letzteren, z. B. bei Gebäuden, wird aber niemals ein, praktisch besehen, begrenztes Volumen Luft, sondern im Gegentheil die gesammte Atmosphäre vorliegen, und zweitens wird die Luft gewöhnlich in Bewegung sein, so dass keine absolute Sättigung stattfindet, bevor frische Lufttheile zugeführt werden. Und das Nämliche wird mit dem Organismus der Fall sein, wenn man die Luft der Lunge ausnimmt. In der Lunge wird in der That ein Volumen Luft während einer Zeit und unter Verhältnissen abgesperrt, welche zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf genügen, und für die Wasserausgabe der Lunge wird daher das Spannungsdefizit der Luft das Entscheidende sein; für die grosse Wasserausscheidung an der Oberfläche des Körpers, durch welche die Wärmeregulirung hauptsächlich bedingt ist, wird ebenso wie bei leblosen Gegenständen aber nur die während der Zeiteinheit verdampfte Wassermenge: die Verdampfungsgeschwindigkeit in Betracht zu ziehen sein. Je schneller das Wasser verdampft, um so grösser ist die Abkühlung der Oberfläche während der Zeiteinheit, und um so mehr Wasser wird in der That sowohl dem

Organismus als leblosen Gegenständen entzogen. Die Verdampfungsgeschwindigkeit wird also der natürliche Maassstab der austrocknenden Wirkung der Luft, aber die Verdampfungsgeschwindigkeit hat ganz im allgemeinen durchaus nichts mit dem Spannungs- oder Sättigungsdefizit der Luft zu schaffen; nur bei der nämlichen Temperatur ist sie diesem proportional. Ein Beispiel wird dies erhellen. Bei 30,8° und einer relativen Feuchtigkeit von 80 % ist das Spannungsdefizit 6,59 mm. Bei 12,4° und einer relativen Feuchtigkeit von 40 % ist das Spannungsdefizit 6,44 mm. In beiden diesen Fällen ist das Spannungsdefizit gleich gross, und die austrocknende Wirkung der Luft sollte also ebenfalls gleich gross sein, wenn das Spannungsdefizit einen Maassstab derselben abgäbe. In der That ist nun die austrocknende Wirkung der Luft weit grösser bei 12,4° und 40 % relativer Feuchtigkeit als in dem ersterwähnten Falle, was leicht zu ersehen ist, wenn man mittelst der Psychrometerformeln die Temperatur des feuchten Thermometers in beiden Fällen berechnet. Bei 30,8° und 80 % relativer Feuchtigkeit wird das feuchte Thermometer 28° angeben — die Differenz ist also 2,8°, bei 12,4° und 40 % relativer Feuchtigkeit aber 7° — die Differenz ist also 5,4°. Dass die Verdampfungswärme bei 12,4° ein wenig höher ist als bei 30,8°, kann den grossen Unterschied der Differenzen nicht erklären, und dieser kann also nur davon herrühren, dass die Verdampfung bei 12,4° weit lebhafter als bei 30,8° ist. Die unten zu erwähnenden Verdampfungsgesetze werden dies auch bestätigen.

Nichtsdestoweniger wird das Spannungsdefizit überall als Maassstab der austrocknenden Wirkung der Luft betrachtet. Dies findet seine Ursache wahrscheinlich darin, dass man von Anfang an nicht mit hinlänglicher Klarheit vor Augen hatte, welchen sehr verschiedenen Einfluss auf den Organismus die beiden oben erwähnten Momente ausüben — einerseits nämlich die absolute Wassermenge, welche ein gewisses Volumen Luft aufzunehmen vermag, anderseits die Geschwindigkeit, mit welcher dies geschieht. Flügge[1]) war der erste, der das Spannungs-

1) Flügge, Lehrb. d. hyg. Untersuchungsmethoden, 1881.

defizit als denjenigen Factor einführte, welcher für die Beurtheilung der hygienischen Bedeutung eines Klimas von entscheidendem Werthe sein sollte. In Deneke's Abhandlung[1]), die aus Flügge's Laboratorium herrührte, wird dies geradezu dadurch motivirt, dass das Spannungsdefizit ein Maassstab der Verdampfungsgeschwindigkeit und somit der austrocknenden Wirkung der Luft sein sollte, und wahrscheinlich von hier aus hat sich dieser falsche Schluss in fast allen hygienischen Lehrbüchern und in einer Menge anderer wissenschaftlichen Abhandlungen, auch innerhalb des Kreises der Meteorologie, eingebürgert.

Das oben angeführte kleine Beispiel wird bereits zur Genüge dargethan haben, dass das Spannungsdefizit kein Ausdruck der Verdampfungsgeschwindigkeit sein kann, dies wird ausserdem aber auch aus der folgenden Untersuchung der Verdampfungsgesetze hervorgehen.

Indem die während der Zeiteinheit verdampfte Wassermenge die Verdampfungsgeschwindigkeit, derjenige Factor ist, welchem, wie wir sahen, bei der Beurtheilung der austrocknenden Wirkung der Luft das Hauptgewicht beigelegt werden muss, wird es also die Abhängigkeit der Verdampfungsgeschwindigkeit von den atmosphärischen Verhältnissen, die wir hier zum oben angeführten Zwecke zum Gegenstand einer näheren Untersuchung machen sollen, und ganz besonders wünschen wir den Einfluss der Luftbewegung zu erörtern, weil unser Wissen hiervon bisher äusserst mangelhaft gewesen ist.

Frühere Untersuchungen über die Verdampfungsgeschwindigkeit.

Dalton[2]) war der erste, der zu erforschen suchte, inwiefern zwischen der Verdampfungsgeschwindigkeit und den atmosphärischen Verhältnissen, namentlich dem Feuchtigkeitsgrade der Luft, eine gesetzmässige Verbindung bestünde, und wiefern eine derartige Beziehung sich durch eine bestimmte mathematische Formel ausdrücken liesse. Vor seiner Zeit wusste man

1) Zeitschrift f. Hygiene, Bd. I.

2) Memoirs of the lith. and philos. Society of Manchester. Vol. 5—1803.

nur, dass unter sonst ganz gleichen Umständen die Verdampfung zunahm, wenn der Feuchtigkeitsgrad der Luft abnahm, in einer Luftströmung stärker war als in ruhiger Luft, und dass die Menge der verdampften Flüssigkeit der Grösse der Oberfläche der Flüssigkeit proportional war.

Nachdem Dalton die Spannung des Wasserdampfes bei den verschiedenen Temperaturen untersucht hatte, benutzte er die hierdurch gewonnenen Zahlen, um zu untersuchen, ob zwischen der Menge Wasser, die während der Zeiteinheit bei verschiedenen Temperaturen in atmosphärischer Luft verdampft, und der Spannung des Wasserdampfes bei den nämlichen Temperaturen eine Beziehung besteht. Er fand durch seine Untersuchungen, dass die Verdampfungsgeschwindigkeit in vollständig trockner Luft der Maximalspannung der Wasserdämpfe bei derjenigen Temperatur, in welcher die Verdampfung vorging, und in feuchter Luft der Differenz zwischen dieser Maximalspannung und der vorhandenen Dampfspannung der Luft proportional sei. Dalton zufolge ist also die während der Zeiteinheit verdampfte Wassermenge $v = (F \div f)\, k$, wo k eine Constante, F die Maximalspannung bei der Verdampfungstemperatur und f die Wasserdampftension der Luft bezeichnet.

v wurde bei seinen Untersuchungen direct bestimmt, indem das Gefäss, aus welchem die Verdampfung vorging, vor und nach dem Versuche gewogen wurde, f wurde mittelst einer Art Condensationshygrometers bestimmt, und die Verdampfungstemperatur wurde bei den Versuchen, die in höherer Temperatur als der vorhandenen Lufttemperatur angestellt wurden, mittels eines im Wasser angebrachten Thermometers gemessen, und bei den Versuchen in gewöhnlicher Lufttemperatur wurde die Verdampfungstemperatur gleich dieser gesetzt.

Dalton nahm mithin keine Rücksicht auf die durch die Verdampfung gebundene Wärme, welche die Verdampfungstemperatur stets unter die vorhandene Lufttemperatur erniedrigen muss, sofern dem Verdampfungsgefässe keine besondere Wärme zugeführt wird, wie dies bei den Versuchen in höherer Temperatur als der Lufttemperatur geschah.

Wenn Dalton dennoch durch seine Versuche bei den Lufttemperaturen dasselbe Verhältnis zwischen der Verdampfungsgeschwindigkeit und der Dampfspannung fand wie durch die Versuche bei höheren Temperaturen, obschon er bei ersteren Versuchen nicht die wirkliche Verdampfungstemperatur maass, so muss man annehmen, dass dies theils von der geringen Genauigkeit herrührt, mit welcher seine Versuche durchweg angestellt wurden (so wurde das Abwägen mit einer Genauigkeit von nur 5 Centigramm unternommen), theils daher, dass die Versuchsbedingungen rücksichtlich der atmosphärischen Verhältnisse zu wenig variirten, um die Verwechselung der Verdampfungstemperatur mit der Lufttemperatur ihren Einfluss auf die Resultate zeigen zu lassen.

Soldner[1]) führte, ohne sich indess auf Experimente zu stützen, den Luftdruck in die Dalton'sche Formel ein, indem er die Verdampfungsgeschwindigkeit dem Luftdruck indirect proportional setzte und unter Berücksichtigung früherer Erfahrungen, dass die Verdampfung der Grösse der Oberfläche (S) proportional ist, erhielt die erweiterte Dalton'sche Formel folgendes Aussehen

$$v = \frac{S(F \div f)}{B} \cdot k.$$

In dieser Form wurde die Formel zu psychometrischen Bestimmungen des Feuchtigkeitsgrades der Luft benutzt, indem die Verdampfungstemperatur hier mittels des feuchten Thermometers bestimmt wurde, und ihre Brauchbarkeit hiezu gibt einen indirecten Beweis dafür ab, dass sie das Verhältnis zwischen der Verdampfung und dem Feuchtigkeitsgrade der Luft bei den häufigst vorkommenden Lufttemperaturen wenigstens annähernd angibt. Weit später nahm Stefan[2]) die Frage nach den physischen Gesetzen der Verdampfung wieder zur Untersuchung auf. Nachdem er die Gesetze der Diffusion der Luftarten erforscht hatte, wandte er die hierdurch gewonnenen Resultate und Betrachtungen auf die Verdampfung an, die er als eine

1) Gilbert's Ann. d. Physik, Bd. XVII, S. 44.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissensch., 1874. Mathem. naturw. Kl., B. 68.

Diffusion der Dämpfe von der Oberfläche der Flüssigkeit in die umgebende Luft auffasste, und auf theorischem Wege gelangte er somit zur Anfstellung folgenden Gesetzes der Verdampfung

$$v_1 = \frac{k}{h} \log \frac{B - f}{B - f_1}.$$

v_1 bedeutet hier das in der Einheit der Zeit die Einheit des Querschnittes passirende Dampfvolumen, auf 0° und 760 mm reducirt; k ist eine Konstante, h die Entfernung der Oberfläche der Flüssigkeit von dem Rande des Verdampfungsgefässes, B der Luftdruck, f die vorhandene Dampftension der Luft und f_1 die Dampftension bei derjenigen Temperatur, bei welcher die Verdampfung vorgeht. Das Gesetz sollte für jede verdampfende Flüssigkeit gültig sein, indem f, wenn nicht bereits, wie bei Wasserdampf, Dampfspannung in der Luft zu finden ist, gleich Null gesetzt werden kann.

Das Dalton'sche Gesetz bildet nach Stefan nur eine Annäherung an das von ihm aufgestellte Gesetz, indem man, wo die Dampfspannung im Verhältnisse zum Luftdrucke nur gering ist, wie z. B. wenn Wasser bei gewöhnlichen Lufttemperaturen verdampft, Dalton's Quotienten $\frac{f_1}{B}$ statt $\log \frac{B}{B - f_1}$ setzen kann. Mit steigender Temperatur nimmt dagegen nach Stefan die Verdampfungsgeschwindigkeit schneller zu als das Maximum der Dampfspannung.

Um dieses auf theoretischem Wege aufgestellte Gesetz zu prüfen und es unter grösseren Dampftensionen mit dem Dalton'schen zu vergleichen, stellte Stefan einige Versuche über die Verdampfung des Äthers in atmosphärischer Luft an. Da die Verdampfungstemperatur, wie erwähnt, nicht gleich der vorhandenen Lufttemperatur gesetzt werden darf, sondern niedriger als diese sein muss, und da Stefan es für schwierig, wo nicht unmöglich hielt, deren genaue Grösse experimentell zu finden, wenn die Verdampfung aus einem in der atmosphärischen Luft frei aufgehängten Gefässen vorging, wie bei Dalton's Versuchen, suchte er die Verdampfung unter solchen Bedingungen stattfinden zu lassen, die eine Bestimmung der Verdampfungs-

temperatur gestatteten. Dies wurde dadurch erreicht, dafs er dei Verdampfung durch eine in einem Wasserbade angebrachte enge Röhre vorgehen liess, dessen Temperatur constant gehalten wurde. Die Verdampfungsoberfläche war also sehr klein, und Stefan glaubte deshalb, die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des Wasserbades setzen zu können.

Die Grösse der Verdampfung wurde nun mittels der Zeit gemessen, die zur Verdampfung einer gewissen Höhe der Flüssigkeit in der Röhre, welche durch zwei in die Röhre geschliffene Zeichen beobachtet werden konnte, gebraucht wurde. Wenn Stefan's Formel richtig ist, so muss die gefundene Zeit, mit $\log \frac{B}{B - f_1}$ multiplicirt, eine Constante geben; ist dagegen Dalton's Formel richtig, so muss die Zeit, mit $\frac{f_1}{B}$ multiplicirt, eine Constante geben. Stefan stellte nur vier Versuche an, und durch diese wurden folgende Werthe der Constante gefunden:

Temp.	C. nach Stefan.	C. nach Dalton.
11,3	1069,4	833
14,6	1068,1	793
20,4	1064,1	706
28,7	1055,3	517.

Ein Vergleich der ersten Reihe von Zahlen der Constante mit der zweiten spricht unzweifelhaft für die Richtigkeit des Stefan'schen Gesetzes.

In dem Stefan'schen Gesetze fehlt jedoch ein Factor, der ganz gewiss auf die Verdampfungsgeschwindigkeit Einfluss üben muss, die Lufttemperatur nämlich. Bei einem Steigen der Temperatur der Luft muss man wegen der hierdurch verminderten Dichtheit der Luft annehmen, dass die Verdampfung verhältnismässig lebhafter vorgeht. Bei der einfachen Diffusion findet man nach Stefan, dass die Diffusionscoëfficienten sich direkt wie die Quadrate der absoluten Temperaturen verhalten; Stefan hält es für wahrscheinlich, dass bei der Verdampfung ebenfalls ein Verhältnis zwischen dem Verdampfungscoëfficienten und der Temperatur besteht, dieses Verhältnis hat er indes nicht

bestimmt, und es ist nicht in seine Formel aufgenommen. Wenn die Verdampfung bei einem Steigen der Temperatur zunimmt, so muss die Constante in den oben erwähnten vier Versuchen dem Steigen der Temperatur parallel sinken. Dies ist nun auch wirklich der Fall, das Sinken ist aber nur ein äusserst geringes. Stefan selbst hält es für wahrscheinlich, dass das Sinken der Constante bei steigender Temperatur sich durch genauere Versuche über die Verdampfung als den von ihm angestellten weit grösser erweisen wird.

Statt, wie Stefan, die Constante aus der mit $\log \frac{B}{B - f_1}$ multiplicierten Versuchszeit zu berechnen, kann man den Verdampfungscoëfficienten k mittels seiner Versuche ausrechnen;

$$k \text{ ist also } = \frac{v \cdot h}{\log \frac{B}{B - f_1}},$$

v ist, wie früher angeführt, das während der Einheit der Zeit durch die Einheit des Querschnittes gegangene Dampfvolumen auf 0° und 760 mm reducirt. Statt dieses Volumens kann man dessen Gewicht (welches dasselbe sein muss wie das Gewicht des verdampften Äthers), dividirt mit dem specifischen Gewichte des Ätherdampfes (d_1) bei 0° und 760 mm in die Formel einsetzen. Wird das Gewicht v_1 genannt, so erhält man

$$k = \frac{v_1 \cdot h}{d_1 \cdot \log \frac{B}{B - f}}.$$

Wird hieraus das k der vier Versuche berechnet, indem h und d_1 als bei allen vier Versuchen gleich gross ausser Betracht bleiben, so findet man folgende Werte des k

Temp.	k
11,3	1,123
14,6	1,118
20,4	1,112
28,7	1,106.

Das Gewicht v_1 ist bei dieser Berechnung auf gewöhnliche Weise bestimmt durch das jedesmal verdampfte Volumen Äther,

welches bekannt war, da der Querschnitt der Röhre und die Entfernung zwischen den Zeichen gegeben sind, durch das specifische Gewicht des Äthers bei 0° und 760 mm, und durch die Ausdehnung des Äthers bei den Versuchstemperaturen gemäss der Formel

$$v_1 = (1 + at + bt^2 + ct^3) \cdot v.$$

Zur Zeiteinheit wurde eine Stunde und zur Einheit der Oberfläche ein Quadratcentimeter gewählt.

Es erweist sich, dass der Verdampfungscoëfficient nach dieser Berechnung sinkt, wenn die Temperatur steigt. Dies widerstreitet indes Stefans eigener Annahme, dass die Verdampfung beim Steigen der Temperatur im Gegentheil zunehmen sollte, und dass der Verdampfungscoëfficient, welcher der verdampften Menge der Flüssigkeit direkt proportional ist, infolgedessen ebenfalls steigen sollte. Das geringe Sinken der Constante (die Versuchszeit mit $\log \frac{B}{B - f_1}$ multiplicirt), das sich aus seinen Versuchen ergab, kann daher nicht auf einem verhältnismässigen Steigen der bei den höheren Temperaturen verdampften Äthermenge beruhen, wie er annahm, da in diesem Falle der Verdampfungscoëfficient bei Erhöhung der Temperatur ein entsprechendes Steigen zeigen müsste. Dass die Reihen der Constanten bei den vier Versuchen alle beide eine Verminderung der Werte bei Erhöhung der Temperatur zeigen, muss deshalb entweder darin liegen, dass Stefan's Gesetz falsch ist, oder aber in Fehlern bei seinen Versuchen, welche letztere Annahme die wahrscheinlichste ist, wodurch das Gesetz jedoch die experimentelle Stütze verliert, die man bisher diesen Versuchen beigelegt hat.

Meines Wissens liegen seit den hier erwähnten Untersuchungen über das Verdampfungsgesetz keine jüngeren in der Literatur vor. Unsere Kenntnis dieses Gesetzes ist daher, wie es sich aus dem Vorhergehenden ergab, an mehreren Punkten mangelhaft. Das Dalton'sche Gesetz scheint Stefan's Theorien und wohl auch seinen Versuchen zufolge nur eine Annäherung an das richtige Gesetz zu sein, indem es nur für Verdampfung von Wasser unter gewöhnlichen atmosphärischen Verhältnissen brauchbar zu

sein scheint. Der Beweis von dessen Gültigkeit in diesem Falle ist obendrein nur ein indirekter, nämlich mittelst der Untersuchungen über die Brauchbarkeit des Psychrometers zu einer annähernd genauen Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der Luft.

Ein genauer experimenteller Beweis von der Richtigkeit des Stefan'schen Gesetzes liegt nicht vor und scheint in Betreff der Anwendung des Gesetzes auf die Verdampfung in einer Luft, in welcher eine gewisse Dampfspannung vorhanden ist, niemals versucht worden zu sein.

In keiner der früheren Formeln wird der gleichzeitige Einfluss der Veränderung der Lufttemperatur berücksichtigt.

Bevor wir deshalb zum Studium des Einflusses der Bewegung der Luft auf die Verdampfung übergehen, müssen wir das Gesetz der Verdampfung in ruhiger Luft einer erneuten Untersuchung unterwerfen.

Eigene Untersuchungen.

Eine Wiederaufnahme der früheren Versuche über die Verdampfung musste dem Vorhergehenden zufolge vor allen Dingen auf eine erneuerte experimentelle Prüfung der beiden bereits vorhandenen Gesetze gerichtet werden. Eine hierzu brauchbare Methode schien die von Stefan angegebene zu sein. Ich stellte deshalb erst eine Reihe Versuche nach dieser Methode an, indem ich Äther in einer engen Glasröhre (2 mm im Durchmesser), die in einem cylindrischen Glase mit Wasser von der Temperatur des Zimmers angebracht war, verdampfen liess. Die Verdampfung ging in einem geschlossenen Zimmer vor sich, dessen Temperatur sich während der Versuchszeit constant erhalten liess, d. i. mit Schwingungen von höchstens ein paar Zehntel Grad. Das cylindrische Glas stand vor Anfang des Versuches stets so lange im Zimmer, dass die Temperatur des Wassers genau dieselbe war wie die der Luft, so dass der Ätherdampf an der Mündung der Röhre keine Luft von andrer Temperatur als der im Innern der Röhre antraf.

Die Zeit, die zur Verdampfung der Äthersäule zwischen zwei in einer Entfernung von $2^1/_2$ mm in die Glasröhre eingeschliffenen Merkzeichen verfloss, wurde notirt, Temperatur und

Luftdruck wurden abgelesen, und die Spannung des Ätherdampfes bei der Versuchstemperatur nach der Antoin'schen Formel $\log \cdot p = A - \frac{B}{t + c}$ und den Regnault'schen Werthen berechnet.

Aus den solchergestalt gefundenen Grössen wurde das k der Stefan'schen Formel auf die oben angeführte Weise berechnet. Die Resultate sind in Colonne 4 der Tafel I wiedergegeben.

Tabelle I.

Zeit in Minuten u. Sek.	Temperatur	Barometer	k	k₁	Zeit in Minuten u. Sek.	Temperatur	Barometer	k	k₁
29' 25"	23,8	751,2	0,756	0,695	65' 40"	—	752,2	0,734	0,704
29' 15"	23,7	—	0,765	0,704	63' 52"	11,4	745	0,748	0,718
30' 50"	22,6	748,5	0,778	0,718	67' 35"	11,3	752,5	0,720	0,691
32'	22,5	755,5	0,766	0,708	67' 45"	—	—	0,718	0,690
32' 25"	22,25	—	0,770	0,712	67'	—	755,5	0,730	0,701
32' 35"	22,2	—	0,769	0,711	66'	—	747	0,730	0,701
34' 15"	21,8	765	0,768	0,711	66'	—	748	0,732	0,703
34' 30"	21,8	—	0,762	0,706	64'	—	734,5	0,737	0,708
36'	21,1	—	0,766	0,711	66'	—	755,5	0,741	0,712
36' 20"	21,1	—	0,762	0,707	67' 25"	—	752,2	0,733	0,695
36' 10"	21,1	763	0,761	0,706	67' 35"	10,9	752,5	0,737	0,709
36' 30"	21,0	—	0,758	0,704	68'	10,65	751,9	0,741	0,714
					71'	10	—	0,736	0,710
63' 30"	12,45	763	0,731	0,699	74' 30"	9,1	745	0,730	0,707
64'	11,6	734,5	0,724	0,695					

Mittelzahl . . . . 0,746 k 0,705 k₁
Die mittlere Abweichung . . 0,016 „ 0,006 „

Bei einer einzelnen Temperatur, nämlich 11,3° wurden mehrere Versuche angestellt, um Aufschluss über die Genauigkeit der Methode zu erhalten. Die mittlere Abweichung bei diesen Versuchen ist 0,006 d. i. 6 der dritten bedeutenden Ziffer, was somit ein Ausdruck des Versuchsfehlers wird. Bei den höheren Temperaturen wird dieser doch eher noch etwas kleiner, weil die Ätherverdampfung dann geschwinder ist und der Augenblick, da die Oberfläche des Äthers die Merkzeichen des Glases erreicht, mithin schärfer markirt wird. Aus den gefundenen Werten des k ist sogleich zu ersehen, dass sie bei allen Versuchen bei höheren Temperaturen (21—23,8) grösser sind als

bei den Versuchen bei niedrigeren Temperaturen (9,1—12,5). Das Mittel der Abweichung bei allen Versuchen zusammen ist 0,016, also fast dreimal so gross als das Mittel der Abweichung bei den Versuchen bei derselben Temperatur. Der gefundene Unterschied der Werte bei den hohen und den niedrigen Temperaturen kann folglich nicht von Versuchsfehlern herrühren, sondern muss in einer verhältnismässigen Vermehrung der Verdampfung bei den höheren Temperaturen liegen, wie wir dies auch zu finden erwarteten.

Es wird nun die Aufgabe, einen mathematischen Ausdruck dieser Vermehrung zu finden, der sich in die Formel einführen lässt. Folgen wir Stefan's Entwickelung der Verdampfungsformel, so sehen wir, dass der Verdampfungscoëfficient k derselben dadurch entstand, dass k statt des Verhältnisses

$$\frac{p_0 \quad T}{A_{12} \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot T_0}$$

gesetzt wurde.

p_0 bedeutet hier 760 mm, A_{12} ist eine Constante, d_1 ist das specifische Gewicht der Ätherdämpfe bei 0° und 760 mm, d_2 ist das specifische Gewicht der Luft bei 0° und 760 mm, und $\frac{T}{T_0} = (1 + at)$ bezeichnet die absolute Temperatur.

In k wird also der nichtconstante Factor $(1 + at)$ aufgenommen. Wird dieser aus k ausgeschieden, indem alle Werthe des k in obenstehenden Versuchen mit $(1 + at)$ dividirt werden, so erhält man eine Reihe von neuen Werthen der Verdampfungscoëfficienten, k_1, die sich in der Colonne 5 der Tafel I angeführt finden. Das Mittel der Abweichung dieser neuen Reihe von Werten ist nur 0,006, also gerade gleich der mittleren Abweichung bei den Versuchen bei derselben Temperatur.

Wird der mittlere Fehler aller gefundenen Werthe des k und des k_1, nach der Formel $\pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n(n-1)}}$ ausgerechnet, so wird er in ersterem Falle $\pm$ 0,0034, im letzteren $\pm$ 0,0014. Durch Einführung der oben gefundenen Correction der Lufttemperatur in die Stefan'sche Formel erhält

man also einen weit genaueren Ausdruck des Verdampfungsgesetzes als den durch die ursprüngliche Stefan'sche Formel gegebenen.

Der Verdampfungscoëfficient wird also der absoluten Temperatur direct proportional.

Um nun das Stefan'sche Gesetz mit dem Dalton'schen zu vergleichen, führen wir einige Werthe der hier k_2 genannten Constante der Dalton'schen Formel an, die den beiden ersten und den beiden letzten Versuchen der Reihe entnommen sind.

Temp.	k_2	k_3
23,8	0,542	0,499
23,7	0,547	0,504
10,0	0,402	0,367
9,1	0,396	0,383.

Diese 4 Versuche genügen, um zu zeigen, mit welchem geringen Grade der Genauigkeit die Dalton'sche Formel das Verdampfungsgesetz bei höheren Dampfspannungen ausdrückt. Selbst nach Einführung der oben gefundenen Correction der Lufttemperatur, durch welche die Werthe k_3 erscheinen, wird die Stefan'sche Formel doch ein weit genauerer Ausdruck des Verdampfungsgesetzes als die Dalton'sche.

Unsere nächste Aufgabe war nun die Untersuchung des zweiten Theiles der Stefan'schen Formel, des Theiles nämlich, der das Gesetz der Verdampfung in einer Atmosphäre, welche bereits eine gewisse Dampfspannung enthält, wie es bei dem Verdampfen von Wasser in atmosphärischer Luft der Fall ist, ausdrücken sollte. Die oben angeführte Versuchsmethode erwies sich indess als hierzu nicht anwendbar. Das Wasser verdampfte nämlich in der engen Röhre und bei den gewöhnlichen Lufttemperaturen so langsam, dass es unmöglich war, während der Versuchszeit den Feuchtigkeitsgrad und die Temperatur der Luft constant zu erhalten. Nicht einmal im Verlaufe von 8 Tagen sank das Wasser in der Röhre von dem oberen bis zum unteren Merkzeichen. Wir mussten hier also eine andere Versuchsmethode anwenden. Auch aus Rücksicht auf den Wunsch, den

Einfluss der Luftbewegung auf die Verdampfung zu studieren, war eine neue Versuchsanordnung aufzusuchen, bei welcher die Verdampfung von einer freien Oberfläche, und nicht, wie bei den vorhergehenden Versuchen, in einer engen Röhre vorgehen konnte.

Die Hauptschwierigkeit der Versuche zur Erhellung des Verdampfungsgesetzes liegt, wie schon früher berührt, in einer genauen Bestimmung der Verdampfungstemperatur. Zu diesem Zwecke versuchte ich es erst, die Verdampfung von der Oberfläche eines Stückes Filtrirpapieres oder dünnen Stoffes vorgehen zu lassen, das auf einer dünnen, flachen Glasplatte angebracht war, welche ich wagerecht unter der einen Schale einer freistehen analytischen Wage aufhängte. Es war eine wahrscheinliche Annahme, dass die Verdampfungstemperatur hier der von einem in unmittelbarer Nähe angebrachten feuchten Thermometer angegebenen gleich sein würde. Es erwies sich indess als unmöglich, ein einigermaassen gleichartiges Resultat in Betreff der Verdampfungszeit der nämlichen Gewichtmenge Flüssigkeit zu erzielen, obgleich eine Reihe von Versuchen unter ganz denselben Verhältnissen angestellt wurden, welche Forderung natürlich an die Brauchbarkeit der Methode gestellt werden musste. Die Ursache hiervon war darin zu suchen, dass es nicht möglich war, das Filtrirpapier jedesmal genau gleich stark oder ganz auf dieselbe Weise anzufeuchten. Bei flüchtigen Flüssigkeiten, wie dem Aether, kam hierzu, dass die durch die Verdampfung erzeugte starke Abkühlung zur Folge hatte, dass sich an der Oberfläche Reif ansetzte, was das Abwägen unmöglich machte. Diese Methode musste deswegen aufgegeben werden. Es zeigte sich, dass es ebenfalls unmöglich war, zu diesen Versuchen die Gewichtsveränderung eines feuchten Thermometers zu benutzen, an welchem die Verdampfungstemperatur gleichfalls genau bestimmt war.

Somit blieb nur übrig, die Verdampfung wie bei Dalton's Untersuchungen aus einer Schale vorgehen zu lassen, und darauf die Verdampfungstemperatur unter diesen Verhältnissen möglichst genau zu bestimmen zu suchen. Eigentlich sollte man die

Temperatur der Oberfläche der Flüssigkeit kennen; eine direkte Bestimmung derselben ist aber wohl kaum möglich. Die gesuchte Temperatur der Oberfläche muss indess zwischen der Temperatur der Flüssigkeit in der Schale und derjenigen Temperatur liegen, welche ein mit derselben Flüssigkeit angefeuchtetes und in unmittelbarer Nähe angebrachtes feuchtes Thermometer anzeigt. Ferner war es wahrscheinlich, dass man durch das Ansetzen der Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur der Flüssigkeit nur einen sehr geringen Fehler begehen würde.

Ich versuchte nun erst, ob man durch Benutzung einer der beiden angeführten Temperaturen, die sich sehr leicht bestimmen liessen, bei Versuchen, welche unter verschiedenen Verhältnissen angestellt wurden, übereinstimmende Resultate erzielen könnte. Wäre dies möglich, so hätte man jedenfalls eine Methode gewonnen, die sich theils zu Untersuchungen über den Einfluss der Bewegung der Luft — unsere vorliegende Aufgabe — und theils zu vergleichenden Untersuchungen über die Verdampfungscoëfficienten verschiedener Flüssigkeiten anwenden liesse.

Erst stellte ich eine Reihe Versuche mit Aether an. Als Verdampfungsschale benutzte ich eine dünnwandige, cylindrische metallene Schale, deren Höhe 22 mm und deren Kreisfläche 44,17 Quadratcentimeter war. Sie wurde in der einen Schale einer frei im Versuchszimmer stehenden Wage angebracht, welche das Gewicht mit der Genauigkeit von $^1/_5$ mg angab. Die Temperatur des Versuchszimmers liess sich während der kurzen Zeit, welche die Versuche mit Aether in Anspruch nahmen ($^1/_4$—$^1/_2$ St.), absolut constant erhalten, bei den unten zu besprechenden Versuchen mit Wasser, welche 1—2 St. dauerten, schwankte sie höchstens ein paar Zehntel Grad. Das Wägen der Schale wurde dergestalt unternommen, dass in der für die Gewichte bestimmten Schale ein Gewicht angebracht wurde, welches ein wenig kleiner war als das der Schale mit Aether, worauf man den Augenblick beobachtete, da der Zeiger der Wage den Nullpunkt passirte und die Schale mit Aether also mit dem angebrachten Gewichte genau im Gleichgewicht war. Darauf wurde die Aretierung gehoben, wodurch die Schale mit

dem Verdampfungsgefässe fixirt wurde, und letzteres blieb während des Versuches in vollständiger Ruhe. Wenn ca. 2 g verdampft waren, wurde das Abwägen ganz wie oben wiederholt. Es wurde also die Zeit bestimmt, die jedesmal zur Verdampfung von 2 g Aether erforderlich war. Um während des Abwägens der Wärmeausstrahlung des Körpers und den möglicherweise hierdurch entstehenden Bewegungen der Luft zu entgehen, war zwischen der Wage und dem Körper ein Schirm aufgestellt. Um die Temperatur des Aethers zu erfahren, wurde ein in Fünftel-Grade eingetheiltes Thermometer in der Schale angebracht. Die Temperatur des Aethers sank nach dem Aufgiessen wegen der starken Verdampfung an der Oberfläche sehr rasch bis auf ein Minimum. Darauf hielt die Temperatur sich eine Zeitlang auf diesem Minimum und stieg dann wieder äussert langsam, wie der Aether allmählich verdampfte und sein Volumen sich verringerte. Dieser Verlauf der Aethertemperatur war völlig regelmässig und gleichförmig unter sonst gleichen Verhältnissen. Ich stellte desshalb nie einen Versuch an, bevor das Minimum der Temperatur erreicht war, so dass die Veränderung der Temperatur des Aethers während des Versuches nur eine äusserst geringe wurde. Das Mittel der unmittelbar vor und unmittelbar nach dem Versuche abgelesenen Thermometerstände wurde zur Berechnung angewandt. Vorläufige Versuche zeigten nur, dass die zur Verdampfung der nämlichen Gewichtsmenge Aethers erforderliche Zeit allmählich zunahm, wie die Aethermenge im Gefässe abnahm, trotzdem dass die Verdampfungstemperatur, wie erwähnt, sanft und langsam stieg. Es war denkbar, dass dies seine Ursache darin hätte, dass allgemach wegen der verhältnissmässig grossen Menge verdampften Aethers eine gewisse Aetherdampfspannung in der Luft des Zimmers entstanden wäre. Goss man jedoch frischen Aether in die Schale, so trafen genau dieselben Verdampfungszeiten, die man vorher bei dem nämlichen Füllungsgrade der Schale erhalten hatte, wieder ein. Die Ursache der langsameren Verdampfung musste aber, trotz der Weite des Verdampfungsgefässes, in der zunehmenden Entfernung der Oberfläche des Aethers von dem Rande des Gefässes liegen, und das

Verhältnis war also ganz so, wie Stefan es in engen Röhren gefunden hatte.

Die Ausrechnung aus den Versuchen wurde ganz wie oben beschrieben ausgeführt. Nach Correction der Lufttemperatur lautete Stephan's Formel ja

$$k = \frac{v \cdot h}{(1 + \alpha t) \cdot \log \frac{B}{B - f_1}}.$$

Statt v wurde das Gewicht des verdampften Aethers, dividirt mit dem specifischen Gewicht des Aethers bei 0° und 760 mm gesetzt. h wurde berechnet als die Differenz zwischen der Höhe der Schale und der Höhe der Aetherschicht, die aus dem Gewicht, dem Areal der Schale und der Temperatur des Aethers gefunden wurde.

Tabelle II.

h in cm	Luft temperatur	Temperatur des Äthers	2 g Äther verdampft in Min.	Barometer	k
1,20	12,6	1,85	12,86	737	1,765
1,22	22,4	7,4	9,667	748,5	1,746
1,27	9,6	0,5	15,017	737,3	1,742
1,28	12,6	2,25	13,45	737	1,768
1,31	23,6	8,15	9,917	748,5	1,750
1,43	12,6	2,7	14,867	737,5	1,744
1,45	23,8	9,05	10,367	749	1,754
1,54	23,4	9,5	10,817	749,5	1,749
1,60	12,4	2,85	16,333	737	1,760
1,61	12,6	3,3	16,10	738	1,757
1,76	12,4	4,0	17,0	737	1,751
			Mittelzahl		1,754
			Mittlere Abweichung .		0,006

Erst wurde die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des feuchten Aetherthermometers gesetzt. Hierdurch erhielt man indes bei steigender Temperatur sanft anwachsende Werthe des k. Die Verdampfungstemperatur wurde somit also, wie vorauszusehen war, gar zu niedrig genommen. Setzte man dagegen die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des Aethers,

so erhielt man für k völlig übereinstimmende Werthe, welche in der Tabelle II wiedergegeben sind. Die mittlere Abweichung bei diesen Versuchen ist, wie man sieht, nur 0,6 der dritten bedeutenden Ziffer. Mit Bezug auf h ist zu bemerken, dass die Resultate, wenn es weniger als 10 mm waren, ebenso wie bei Stefan's Versuchen mit engen Röhren unregelmässig wurden. Eine sehr geringe Bewegung der Luft störte ebenfalls, auch wenn h 10 mm überstieg.

Jch ging darauf zur Untersuchung der Verhältnisse bei der Verdampfung von Wasser über. Die Versuche wurden ganz wie die vorigen mit Aether ausgeführt. Die Wasserdampfspannung der Luft wurde mittels eines Psychrometers bestimmt und durch Regnault's Hygrometer controllirt. Die Verdampfungsschale mit Wasser stand stets wenigstens ein paar Stunden im Versuchszimmer, damit die Temperatur genau eingestellt werden konnte. Die Versuche wurden alle in fast derselben Entfernung vom Rande des Gefässes ausgeführt. Tabelle III gibt die Resultate an.

Tabelle III.

Lufttemperatur	Temperatur d. Wassers	Temp. d. feuchten Therm.	Verdampfte Wassermenge in g	Versuchszeit in Minuten	Barometer	k bei dem Temperat. d. Wassers	k bei dem Temperat. d. feuchten Thermom.
23,8	21	16	0,1603	37	747,5	0,848	1,59
—	20,6	—	0,140	33	—	0,863	1,55
20,8	18	13,7	0,228	62	761,5	0,919	1,60
11,1	10,4	7,4	0,130	66,417	755,2	1,019	1,58
10,8	10	7,8	0,147	91,417	759,5	1,012	1,59
7	6,4	4	0,185	120	765	1,047	1,55
4	3,8	1,2	0,132	93	765	1,033	1,57
				Mittelzahl			1,58
				Mittlere Abweichung .			0,019

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen, steigen die Werthe des k bei sinkender Temperatur, wenn die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des Wassers gerechnet wird. Die Verdampfungstemperatur muss hier also verhältnismässig niedriger als die Temperatur der Flüssigkeit sein. Wird dagegen die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des feuchten Thermo-

meters gesetzt, so erhält man sehr schön übereinstimmende Werthe des k, indem die mittlere Abweichung nur 1,9 der dritten Ziffer wird. Die mittlere Abweichung muss hier natürlich wegen des Fehlers, der stets der Bestimmung der Tension der Luft anhaften wird, grösser werden als bei den Versuchen mit Aether. Unten stehende Tabelle IV gibt dieselben Versuche wieder, um einige andere vermehrt, welche so angestellt wurden, dass der Feuchtigkeitsgrad der Luft sich variiren liess. Die Verdampfung

Tabelle IV.

Lufttemperatur	Temp. d. feuchten Therm.	Relative Feuchtigkeit in %	Barometer	k Stefan	k Dalton	$\frac{\text{k Dalton}}{1+\alpha t}$
23,8	16	35,1	747,5	1,59	0,754	0,694
—	—	—	—	1,55	0,739	0,680
20,3	13,7	37,6	761,5	1,60	0,756	0,704
18,5	17,4	88,0	765	1,61	0,722	0,676
18,3	14,5	60,0	764	1,56	0,737	0,690
13,4	10,4	62,0	769	1,55	0,719	0,685
12,8	7,8	36,8	769	1,58	0,712	0,680
12,4	7,8	40,7	769	1,58	0,713	0,682
11,1	7,4	49,9	755,2	1,58	0.720	0,692
10,8	7,8	58,2	759,5	1,59	0,729	0,701
7,0	4,0	50,7	765	1,55	0,698	0,680
4,0	1,2	47,0	765	1,57	0,689	0,679
	Mittelzahl			1,58	0,724	0,687
	Mittlere Abweichung . .			0,016	0,016	0,008

geschah hier in einem grossen Kasten, durch welchen mit ganz ausserordentlicher Langsamkeit eine über Chlorcalcium getrocknete oder über nassen Bimssteinstückchen dampfgesättigte Luft geleitet wurde. Die Dampfspannung im Kasten wurde mittels eines Psychrometers und eines Regnault'schen Hygrometers gemessen. Ich erreichte bei diesen Versuchen einen hohen Feuchtigkeitsgrad der Luft bei hoher Temperatur, und einen niedrigen Feuchtigkeitsgrad bei niedriger Temperatur, was sich des Winters sonst nicht in dem grossen Versuchszimmer bewerkstelligen liess.

Die Werthe der Constante der Dalton'schen Formel sind sowohl mit als ohne Correction der Lufttemperatur in Colonne 6 und 7 der Tabelle beigefügt.

Man sieht hieraus, dass die Stefan'sche Formel auch für die Verdampfung von Wasser in der atmosphärischen Luft genauer ist als die Dalton'sche, und dass letztere durch Einführung der Correction der Lufttemperatur besser übereinstimmende Resultate gibt als ohne diese Correction.

Der Einfluss der Bewegung der Luft auf die Verdampfung.

Wir gehen jetzt zur Untersuchung des Einflusses der Bewegung der Luft auf die Verdampfung über. Wir sahen, dass man schon längst wusste, dass die Verdampfung in einer Luftströmung lebhafter war als in ruhiger Luft, aber weder Dalton noch Stefan versuchte es, diesen Faktor in ihre Formel aufzunehmen. In der Zeitschr. f. Meteorol. 1877 veröffentlichte Weilmann eine Abhandlung, in welcher er auf theoretischem Wege folgende Formel ableitete, die das Gesetz der Verdampfung in Luftströmungen ausdrücken sollte.

$$h = \beta \frac{G-g}{B} + \beta_1 (G-g) \cdot w.$$

h ist hier die in der Zeiteinheit von der Einheit der Oberfläche verdampfte Wassermenge. β und β_1 sind zwei Constanten, G ist diejenige Wassermenge in Gramm ausgedrückt, welche die Luft bei der Verdampfungstemperatur bis zu völliger Sättigung aufzunehmen vermag, g ist die in der Luft enthaltene Wassermenge, in Gramm ausgedrückt, B ist der Luftdruck und w die Geschwindigkeit des Windes. Wie man sieht, ist die Formel aus dem Dalton'schen Gesetz abgeleitet. Die Richtigkeit dieser Formel suchte er dadurch zu beweisen, dass er die während eines längeren Zeitraums auf den meteorologischen Stationen zu St. Petersburg, Paris und Wien von einem Atmometer verdampfte Wassermenge mit derjenigen Wassermenge verglich, die seiner Formel zufolge verdampft sein sollte und nach den sonstigen

meteorologischen Angaben der 3 Stationen berechnet wurde. Hierdurch fand er, dass die wirkliche Wasserverdampfung so ziemlich mit der berechneten übereinstimmte. Die Verdampfungstemperatur des Atmometers setzte er ohne nähere Untersuchung gleich der Temperatur des feuchten Thermometers.

Stelling hat in einer Abhandlung (Schriften der Petersburger Akademie 1882) Weilmann's soeben erwähnte Untersuchungen kritisirt, und meint, dass die übereinstimmenden Resultate eher zufällig seien und die Brauchbarkeit der Formel nicht bewiesen. Namentlich hebt er hervor, dass ein im Schatten angebrachter, durch Dach und Seitenwände vor den Sonnenstrahlen geschützter Verdampfungsmesser sich zu einer Untersuchung des Einflusses des Windes auf die Verdampfung nur wenig eigne, da es nicht gewiss sei, dass die Bewegung der Luft unter dem Schirme sich zur Bewegung der Luft im Freien proportional verhalte. Dieser Einwurf kann jedoch nicht dem Pariser Observatorium gelten, wo das Atmometer gerade frei in den Luftströmungen aufgehängt ist. Ferner greift Stelling die Annahme Weilmann's an, die Verdampfungstemperatur sei gleich der Temperatur des feuchten Thermometers, und tadelt Weilmann jedenfalls mit Recht, weil dies nicht bewiesen sei. Bei der Messung der Temperatur an der Oberfläche einer verdampfenden Flüssigkeit fand Stelling keine Uebereinstimmung zwischen dieser Temperatur und der des feuchten Thermometers.

Stelling unterwarf nun mittels einer Reihe von Professor Dohrandt in Nukuss unternommenen meteorologischen Beobachtungen die Formel Weilmann's einer erneuerten und genaueren Prüfung. Die verdampfte Wassermenge wurde durch ein Wilde'sches Atmometer gemessen, welches frei stand, mithin auch dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt war, und die Verdampfungstemperatur wurde durch ein Thermometer angegeben, das an der Oberfläche des Wassers schwamm. Ferner bediente er sich zur Berechnung der Weilmann'schen Formel in folgender Modification

$$h = \beta\ (f_1 - f) : B + \beta_1\ (f_1 - f) \cdot w.$$

Statt die Feuchtigkeit in Gramm auszudrücken, benutzte er also die Dampftensionen; f_1 ist die Maximaltension bei der Verdampfungstemperatur, f die Tension der Luft. Ebenso wie Weilmann verglich er bei seinen Untersuchungen die im Laufe jedes Monats verdampfte Wassermenge mit derjenigen Wassermenge, die obiger Formel zufolge verdampft sein sollte. Hierdurch gelangt er zu dem Resultat, dass die von ihm modificirte Weilmann'sche Formel die thatsächlich verdampfte Wassermenge mit einem Fehler von $\pm$ 10% angibt.

Endlich hat Ule[1]) nachgewiesen, dass zwischen der während eines längeren Zeitraumes thatsächlich verdampften Wassermenge, die durch irgend ein Atmometer gemessen wird, und der Wassermenge, die wirklich verdampft sein sollte, sehr gute Uebereinstimmung stattfindet, wenn letztere Menge nach folgender Formel berechnet wird:

$$h = A\ (t - t_1) \cdot w,$$

wo A ein für jeden Monat verschiedener Faktor ist, der an jedem Orte mittelst Beobachtungen, welche während einer Reihe von Jahren angestellt wurden, berechnet werden muss; t ist die Lufttemperatur, t_1 die Temperatur des feuchten Thermometers und w die Geschwindigkeit des Windes.

Durch seine Untersuchungen findet Ule, dass der procentische Fehler in Betreff einzelner Tage allerdings sehr gross sein kann, dass die monatlichen Summen jedoch gute Uebereinstimmung der berechneten mit der thatsächlich verdampften Wassermenge zeigen.

Da $f = f_1 - k \cdot B \cdot (t - t_1)$, wird die von Ule aufgestellte Formel die nämliche wie

$$h = \frac{A}{k} \cdot \frac{f_1 - f}{B} \cdot w.$$

Die Verdampfung sollte demnach der Geschwindigkeit des Windes direkt proportional zunehmen.

1) Meteorol. Zeitschr., 1891.

Wir haben also drei verschiedene Formeln für den Einfluss der Bewegung der Luft auf die Verdampfung. Alle drei sollen den angestellten Untersuchungen zufolge recht gut übereinstimmende Resultate geben, obgleich wenigstens die zwei, nämlich die von Stelling und die von Ule aufgestellten, sehr voneinander verschieden sind. Dies kann natürlich nur darin liegen, dass die angestellten Prüfungen mangelhaft gewesen sind. Um Aufschluss darüber zu erhalten, mit welcher Genauigkeit die obengenannten Formeln die thatsächlich bei verschiedenen Geschwindigkeiten des Windes stattfindende Verdampfung ausdrücken, muss man zu exact angestellten Experimenten schreiten, durch welche sich die Abhängigkeit der Verdampfung von den andern, Einfluss besitzenden Faktoren bestimmen lässt. Vorerst mussten wir deswegen über die Verdampfung in ruhiger Luft im Reinen sein und eine Methode gefunden haben, die es gestattete, deren Grösse unter den vorhandenen Umständen mit gekannter Genauigkeit zu berechnen. Eine derartige Methode haben wir nun oben gefunden, indem die aus einem Gefässe mit Flüssigkeit verdampfte Menge der Flüssigkeit sich mit sehr hohem Grade der Genauigkeit mittels der modificirten Stefan'schen oder Dalton'schen Formel bestimmen lässt, in welcher die Verdampfungstemperatur gleich der Temperatur des feuchten Thermometers gesetzt wird.

Hiervon ausgehend stellte ich zur Aufklärung der hier behandelten Frage eine Reihe von Versuchen an. Das Verdampfungsgefäss war das schon früher benutzte cylindrische metallene Gefäss, jetzt aber mit einem luftdicht schliessenden Deckel versehen. In das Gefäss wurde bei jedem Versuche die nämliche Menge Flüssigkeit gegossen. Darauf wurde das Gefäss mit geöffnetem Deckel in einer wagerechten Röhre angebracht, die im Versuchszimmer frei aufgestellt wurde; die Temperatur des Zimmers wurde während des ganzen Versuches constant erhalten. Die Röhre endigte mit einem Schornstein, der mit einer kleinen Gasflamme versehen war. Die Luft wurde daher mit völlig gleichmässiger Geschwindigkeit durch die Röhre gesaugt. Indem ich die Zuströmung von Gas und die Länge des

Schornsteins variirte, konnte ich die Geschwindigkeit der Luftströmung ändern. Das Gefäss stand vorher eine Stunde lang in der Röhre, damit die Temperatur der Flüssigkeit sich gemäss den Temperaturverhältnissen der Luftströmung, deren Einfluss gemessen werden sollte, einstellen konnte. Der Deckel wurde geschlossen, das Gefäss herausgenommen, in aller Eile gewogen und wieder in der Luftströmung angebracht, und der Zeitpunkt notirt, da der Deckel wieder abgenommen wurde und der Versuch also begann. Nach beendigtem Versuche wurde der Deckel geschlossen, die Zeit notirt und die Schale wieder gewogen. Die Geschwindigkeit der Luftströmung wurde mittels eines Anemometers gemessen, dessen Constanten vorher auf bekannte Weise bestimmt waren. In der Luft, unmittelbar vor der Mündung der Röhre, waren ein feuchtes und ein trockenes Thermometer angebracht, um die Temperatur und den Flüssigkeitsgrad zu messen. In der Luftströmung im Innern der Röhre waren ebenfalls ein feuchtes und ein trockenes Thermometer angebracht.

Tabelle V.

Geschwindigkeit d. Windes in Sek.	Lufttemp.	Temperatur d. feuchten Thermom.	Barometer	g verdampftes Wasser	Zeit in Min.	k Stefan	k Dalton	β_1 Stelling	β_1 Weilmann
0,88	17,4	12,0	767	0,483	40	6,85	3,03	0,00210	0,00268
1,00	21,06	15,66	765,1	0,558	43	6,76	3,03	0,00210	0,00268
1,10	—	—	—	0,5807	43	6,71	3,01	0,00206	0,00259
1,15	20,3	13,8	763,5	0,7105	43	6,76	3,00	0,00204	0,00255
1,35	—	—	—	0,6755	38	6,72	2,98	0,00198	0,00242
2,14	—	—	—	0,7292	32	6,84	3,03	0,00184	0,00217
2,30	16,4	11,3	765,5	0,369	20	6,95	3,06	0,00184	0,00210
3,00	20,3	13,8	763,5	0,6896	26	6,72	2,98	0,00163	0,00189
3,15	21,06	15,66	765,1	0,655	28	6,87	3,07	0,00168	0,00194
4,23	17,08	11,87	765,5	0,380	15	6,85	3,02	0,00148	0,00166
			Mittelzahl			6,80	3,02	0,00188	0,00222
			Mittlere Abweichung .			0,07	0,02	0,00018	0,0003

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tab. V angeführt. Die Verdampfungstemperatur ist hier ebenso gross gerechnet wie die

Temperatur des feuchten Thermometers ausserhalb der Röhre, in derjenigen Luft also, welche nicht in Bewegung war. Das feuchte Thermometer im Innern der Röhre, in der Luftströmung, zeigte natürlich fortwährend eine niedrigere Temperatur als das feuchte Thermometer ausserhalb der Röhre, es war indes nicht möglich, zwischen der Differenz und der Geschwindigkeit des Windes eine Beziehung zu finden. Die Differenz war bei den geringen Geschwindigkeiten verhältnismässig grösser, indem sie sich fast gar nicht änderte, wenn die Geschwindigkeit von 1,3 m die Secunde bis zur höchsten hier untersuchten von 4,2 m die Secunde stieg. Wurden die Versuche mit der Temperatur des in der Luftströmung angebrachten feuchten Thermometers als Verdampfungstemperatur berechnet, so gelang es daher nicht, was dem Obigen zufolge übrigens auch nicht zu erwarten war, eine Combination der Verdampfungsformel mit der Geschwindigkeit des Windes zu finden, welche übereinstimmende Resultate gegeben hätte. Wurde dagegen die Temperatur des in ruhiger Luft stehenden feuchten Thermometers benutzt, so erhielt man, wie es aus der Tabelle hervorgeht, sehr hübsch übereinstimmende Resultate, wenn der Einfluss der Bewegung der Luft, also die Verdampfung, proportional der Quadratwurzel aus der Geschwindigkeit des Windes gesetzt wurde.

Die in der Colonne 7 angeführten Werthe des k-Stefan entstanden nämlich durch Berechnung nach folgender Formel

$$v = \frac{k}{h} \cdot \log \frac{B - f}{B - f_1} \cdot \sqrt{w} \cdot (1 + \alpha t),$$

indem f_1, durch die Temperatur des feuchten Thermometers in ruhiger Luft bestimmt war. h brauchte man hier nicht zu berücksichtigen, da es sich erwies, dass derjenige Unterschied der Verdampfungszeit derselben Gewichtmenge Wassers, der bei den Versuchen in vollkommen ruhiger Luft von dem verschiedenen Abstande der Oberfläche der Flüssigkeit von dem Rande des Gefässes herrührte, schon bei der niedrigsten hier angewandten Windstärke verschwand.

In der Colonne 8 finden sich die Werthe der Dalton'schen Constante, berechnet auf dieselbe Weise und nach der Formel

$$v = k \frac{f_1 - f}{B} (1 + a t) \sqrt{w}.$$

Aus den Versuchen in ruhiger Luft hatten wir für k-Stefan einen mittleren Werth von 1,58 und eine mittlere Abweichung von 0,016 gefunden. Die mittlere Abweichung beträgt mithin 1,01% der absoluten Zahl. Die mittlere Abweichung der Werthe des k-Stefan in Colonne 7 beträgt 1,03% des absoluten Werthes. Die Variationen der Werthe des k in der hier gefundenen Formel liegen also innerhalb der Fehlergrenze bei den Versuchen in ruhiger Luft. Auf dieselbe Weise erhält man, dass die mittlere Abweichung des k-Dalton der Tab. IV 1,16%, hier 0,3% der absoluten Zahl beträgt. Die Dalton'sche Formel scheint hier also noch genauere Resultate zu geben. Ob dies rein zufällig ist, oder von der während der letzten Versuche nur wenig veränderten Lufttemperatur herrührt, oder in anderen Ursachen zu suchen ist, darüber geben die Versuche keinen Aufschluss.

Wir werden jetzt die Genauigkeit prüfen, mit welcher die früher aufgestellten Formeln das Gesetz der Verdampfung in bewegter Luft wiedergeben. Die von Ule aufgestellte Formel, der zufolge die Verdampfung der Geschwindigkeit des Windes direkt proportional sein sollte, ist dem oben Gefundenen gemäss natürlich sogleich zu verwerfen.

Die Weilmann'sche Formel hiess:

$$h = \beta \frac{G - g}{B} + \beta_1 (G - g) \cdot w.$$

Nach der vorher gefundenen Correction der Lufttemperatur ist sie jedenfalls dahin zu ändern:

$$\frac{h}{1 + \alpha t} = \beta \frac{G - g}{B} + \beta_1 (G - g) \cdot w,$$

g ist bekanntlich $= \frac{1{,}06 \cdot f}{1 + \alpha t}$ und $G = \frac{1{,}06 \cdot f_1}{1 + \alpha t}$,

wird dies in die Gleichung eingesetzt, so erhält man

$$h = \left[\beta \frac{f_1 - f}{B} + \beta_1 (f_1 - f) \quad w \right] \cdot 1{,}06,$$

also gerade die von Stelling aufgestellte Formel, indem man bei einer Vergleichung der Uebereinstimmung der gewonnenen Resultate von der Zahl 1,06 absehen kann. Die aus dieser Formel erhaltenen Werthe des β_1 sind in Colonne 10 wiedergegeben, indem die beiden ersten Versuche zur Bestimmung der Constanten β und β_1 benutzt wurden und die für β gefundene Zahl darauf bei den anderen Versuchen zur Berechnung des β_1 diente. Es ist heraus zu ersehen, dass die Constante β_1 zugleich mit steigender Geschwindigkeit des Windes fällt. Die mittlere Abweichung beträgt 13,5% des absoluten Mittels.

Wird endlich in der ursprünglichen Stelling'schen Formel

$$h = \beta \frac{f_1 - f}{B} + \beta_1 (f - f) \cdot w$$

die von uns gefundene Correction $(1 + \alpha t)$ mitgenommen, wodurch man erhält

$$\frac{1 + \alpha t}{h} = \beta \frac{f_1 - f}{B} + \beta_1 (f - f) \cdot w$$

und werden die Werthe des β_1 hiernach wie oben berechnet, so erhält man die Colonne 9. Auch hieraus ist zu ersehen, dass β_1 bei steigender Geschwindigkeit des Windes sinkt. Die mittlere Abweichung beträgt 9,6% des Mittels. Keine der früheren Formeln drückt folglich das Gesetz der Verdampfung in bewegter Luft mit so grosser Genauigkeit aus wie das hier gefundene, dem zufolge die Verdampfung der Quadratwurzel der Geschwindigkeit des Windes proportional ist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind also:

1. Bei der Beurtheilung des Einflusses eines Klimas auf die Wärmeregulirung des Organismus und bei der Beurtheilung der austrockenden Wirkung desselben sowohl auf den Organismus als auf leblose Gegenstände ist das Hauptgewicht auf die Geschwindigkeit der Verdampfung zu legen.

2. Das Spannungsdeficit gibt keinen Maasstab der Geschwindigkeit der Verdampfung ab, wie man allgemein angenommen hat.

3. Das Stefan'sche Gesetz dagegen ist der genaueste Ausdruck, den wir bisher besitzen, für die Abhängigkeit der Verdampfungsgeschwindigkeit von den atmosphärischen Verhältnissen, wenn die Luft in völliger Ruhe ist, jedoch muss noch eine Correction der Lufttemperatur in die ursprüngliche Stefan-sche Formel aufgenommen werden, da die Verdampfung zugleich der absoluten Temperatur proportional ist.

Das Dalton'sche Gesetz ist unter gewöhnlichen Verhältnissen der natürlichen Atmosphäre ein zwar nicht völlig so genauer, zu praktischen Zwecken jedoch brauchbarer Ausdruck der Verdampfungsgeschwindigkeit; bei höheren Dampftensionen ist es dagegen nicht anwendbar.

4. Die Verdampfungsgeschwindigkeit ist der Quadratwurzel der Geschwindigkeit des Windes proportional.

5. Die austrocknende Wirkung eines Klimas ist also folgendem Ausdruck proportional

$$\log \frac{B-f}{B-f_1} (1 + \alpha t) \sqrt{w},$$

wo f_1 durch die Temperatur gemessen wird, welche ein feuchtes Thermometer angibt, das vor dem direkten Einflusse des Windes geschützt angebracht ist, also gerade so, wie es auf den meteorologischen Stationen der Fall ist. Es wäre deshalb wünschenswerth, dass die Temperaturen des feuchten Thermometers künftig in den meteorologischen Tabellen direkt angeführt würden.

Zum Schlusse nur noch ein einzelnes Beispiel von der Anwendung der gewonnenen Formel. Es ist eine bekannte Sache, dass der relative Feuchtigkeitsgrad der Zimmerluft an Wintertagen oft bis auf 40 % sinkt, ohne dass dies gewöhnlich unangenehm gefühlt würde, während in freier Luft schon ein weit höherer Feuchtigkeitsgrad eine höchst unbehagliche Empfindung der Trockenheit gibt. Berechnen wir nun die austrocknende Wirkung der Zimmerluft bei z. B. 18° und 40% relativer Feuchtigkeit nach obiger Formel, so finden wir dieselbe = 0,00276. Bei

einem Winde von nur 4 m die Secunde darf die relative Feuchtigkeit im Freien höchstens bis 64% sinken, wenn die austrocknende Wirkung der Luft nicht grösser werden soll als in der erwähnten Zimmerluft, und bei einer Geschwindigkeit des Windes von 13,7 m die Secunde höchstens bis 80%, und der erwähnte Unterschied zwischen den Verhältnissen im Freien und den Verhältnissen in der Zimmerluft lässt sich hierdurch also leicht erklären.

Zur Lehre von der Malaria-Infection bei Menschen und Vögeln.

Von

Prof. **B. Danilewsky,**

(Charkow.)

Das Studium der Malaria-Infection beim Menschen bietet ein sehr grosses Interesse nicht bloss vom ätiologischen und ärztlichen, sondern auch überhaupt vom allgemeinen biologischen Standpunkte, wenn man die ganz eigenartige Natur der von allen übrigen pathogenen Mikroorganismen des Menschen so wesentlich verschiedenen Malaria-Mikroben und ihre Lebensbedingungen in Betracht zieht. Damit sind noch die verschiedenartigen Symptome der Malaria-Infection zusammenzustellen, welche in so mannigfacher Form, bald als typisches Fieber (Intermittens), bald als langdauernde Kachexie oder unter dem Bilde periodisch auftretender nervöser Symptome resp. anderer Störungen (F. larvata) etc. zu Tage tritt. Der Vielgestaltigkeit der Erscheinung der Malaria-Infection entsprechen nach der Ansicht mehrerer Forscher verschiedene Formen der Malaria-Mikroben selbst (species resp. varietates), deren pathogene Wirkungen demnach schon an sich differiren müssen, unabhängig von den Eigenschaften desjenigen Wirthsorganismus, in welchen sie eindringen. Diese für die Medicin wichtige Frage würde offenbar der experimentellen Lösung derselben nicht geringe Schwierigkeiten und Complicationen bieten, wollte man sich mit dem menschlichen Organismus allein begnügen. Dies ist der Grund, warum ich zunächst an das Studium der Blutparasiten ging, die ich 1884

bei Vögeln aus der Umgegend von Charkow gefunden hatte und die schon auf den ersten Blick eine überraschende Uebereinstimmung in ihrer morphologischen und biologischen Natur mit den einige Jahre zuvor von Laveran bei der Maleria entdeckten menschlichen Haemoparasiten aufwiesen. Die zwei Gruppen von intracellularen Zoomikroben nahmen eine ganz gesonderte Stellung ein und unterschieden sich scharf von allen übrigen uns bekannten Mikrozoën nach ihrem Auffindungsorte, nach der Desintegrationsfähigkeit der Haemocythen nebst Melaninbildung, nach der äusseren Gestalt und Form, nach der Art ihrer Entwickelung, der Fähigkeit unter gleichen Bedingungen, (ausserhalb des Körpers, nach einer Pause von 5—10 Minuten nach Abkühlung), geisseltragende Formen zu erzeugen, sowohl als bewegliche abgerissene Geissel zu liefern etc. Nichts davon war zu jener Zeit in Bezug auf irgend andere, bei Menschen und Thieren gefundene Mikroparasiten bekannt gewesen. Die oben erwähnte Aehnlichkeit der Vögelmikroben mit den menschlichen Blutparasiten (Haematozoa) trat noch besonders klar hervor, als es mir gelungen war (1889—1890) die endgültige Ueberzeugung zu gewinnen, dass bei Vögeln gewisse haemoparasitäre Formen mit schneller Sporulation (»acute Infection«) sich finden, welche dem Parasiten bei F. tertiana und quartana des Menschen in hohem Grade ähnlich sind. Dies sind im Allgemeinen die Gründe, welche mich bereits im Jahre 1886[1]) zu folgendem Satze veranlassten: »Diese auffallende Uebereinstimmung in der Form und Metamorphose der Blutparasiten (bei Menschen und Vögeln), welche beide (Polimitusformen) von allen bis jetzt bekannten Protozoënformen in gleicher Weise so sehr abweichen, gibt uns die Berechtigung zu vermuthen, dass diese beiden parasitären Gebilde identisch oder wenigstens äusserst nahe verwandt sind.«

1890 (»Wratsch« No. 47, russisch) sage ich Folgendes: »Die Haemacytozoa der Vögel sind ebensolche pathogene Malaria-

1) Zur Frage über die Identität der pathogenen Blutparasiten des Menschen und der Haematozoën der gesunden Thiere. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1886, Nr. 41 und 42.

Mikroben wie die beim Menschen. Ich fühle mich nicht berechtigt zu behaupten, dass all' diese Blutparasiten (bei Menschen und Vögeln) in jeder Hinsicht — pathologischer, genetischer und zoologischer — völlig identisch sind. Zur vollen Aufklärung dieser Frage sind unter Anderem Versuche mit künstlicher Infection des Menschen vermittelst Blutmikroben von fiebernden Vögeln und umgekehrt nothwendig. Trotzdem ist für jeden Biologen die nahe Verwandtschaft dieser Mikroben, d. i. die Zugehörigkeit derselben zu ein und demselben Genus, über alle Zweifel erhaben. In diesem Sinne bleibt meine frühere Ansicht über die Gleichheit der Haematozoa malariae bei Vögeln und Menschen aufrecht erhalten.«

Im Jahre 1891 wurde in den »Annales de l'Institut Pasteur« über dieselbe Frage von mir gesagt: »De l'ensemble des faits connus jusqu'à présent il decoule que les hematozoaires malariques de l'homme et des oiseaux sont au moins très ressemblants entre eux si non identiques.« ...»ils appartiennent au même groupe (zoologique) probablement au même genre de parasites.« »Leur proche parenté biologique ne peut plus être discutée.« »Je considère encore comme prematurée (en 1891) la question de l'identité ou de la pluralité des parasites de toutes les infections malariques.« Derselben Abhandlung fügte ich eine schematische (parallele) Zusammenstellung der Haemoparasiten der Malaria bei Menschen und Thieren bei, in welcher die einzelnen Formen nicht identificirt, sondern vielmehr geschieden sind: Cytozoon malariae (α) hominis, (β) avium, (λ) Haemamoeba des Menschen (Grassi), (b) Cytosporon avium etc.

Aus den obigen Citaten erhellt wohl, dass, wenn von meinem Standpunkte gestattet ist, von der Identität der Haemoparasiten bei Menschen und Vögeln zu reden, so kann dies nur im Sinne ihrer Zugehörigkeit zu einer Gruppe, Familie oder sogar Art geschehen; ja ich gebe zu, dass eine noch nähere genetische Verwandtschaft (einer Species!) vielleicht besteht, da ich es für sehr wahrscheinlich halte, dass der frei lebende (oder im Zwischen-

wirthe) Generator der Malaria-Mikroben für die Malaria beim Menschen und bei Vögeln ein und derselbe ist; höchstens wären ihrer zwei — für die acute und chronische[1]) Infection — anzunehmen. Die Lösung dieser Frage bleibt der Zukunft vorbehalten. Bei allen Discussionen über die Frage von der Identität oder Aehnlichkeit der Haemoparasiten, insbesondere der intracellularen (Sporozoa par excellence), muss im Auge gehalten werden, dass dieselben eine Anpassungsfähigkeit an verschiedenartige Verhältnisse des Parasitismus besitzen, der gemäss sie ihre Form, Grösse, Eigenschaften wesentlich zu verändern vermögen. Die Vielgestaltigkeit ihrer Formen schliesst noch keineswegs die Einheit ihres Ursprungs aus. »L'apparente fixité des formes, telles que les Hemamibes, Polimites, Laverania, ainsi que leur differenciation dans l'organisme malade, n'excluent nullement la possibilité de leur origine commune d'un seul et même microbe générateur, existant libremenent en dehors de l'organisme (l. c.)«.

Es schien mir am passendsten wegen ihrer morphologischen und biologischen Eigenthümlichkeiten die Cytozoa des Menschen und der Vögel in eine besondere Gruppe, die der Haemosporidia auszuscheiden, in welche auch noch die Haemotozoa sporozoica der Fische, Amphibien und Reptilien gehören[2]). Der Ansicht von der nahen Verwandtschaft der malarischen Parasiten des Menschen mit den Haemocytozoën der Vögel schlossen sich, trotz des skeptischen Verhaltens mehrerer Gelehrter, solche Forscher wie Celli, Labbé, Kruse, Sacharoff etc. an. Grassi lässt sogar den Ausdruck »malarische« Blutmikroben der Vögel gelten. Nach W. Kruse »unterliegt die pathogene Bedeutung

---

1) Man könnte dies nämlich vielleicht behaupten bei solchen sichergestellten Fällen, wo vom Anfange der Infection an nur die Laverania-formen (Cytomikroben mit Syzygienbildung nach J. Mannaberg) ohne schnell sporulirenden Cytamoeben als Vorgänger vorkämen.

2) Vgl. M. Braun. Die thierischen Parasiten des Menschen, 1895, S. 94. Jul. Mannaberg. Die Malariaparasiten, 1893, S. 84. Labbé, Parasites endoglobulaires du sang des vertebrés. Arch. de zoolog. éxperim. 1894, S. 186, 187, 202.

der Blutinfection bei den Vögeln keinem Zweifel.«[1]) Laveran[2]) sagt: »il est possible que certains hématozoaires des oiseaux des régions palustres soient identiques à ceux du paludisme; mais cela n'est pas encore démontré.«

Andere Forscher begnügten sich damit, bloss auf die äussere Aehnlichkeit hinzuweisen, ohne ihre zoologische Verwandtschaft, geschweige denn ihre malarische Eigenschaften, anzuerkennen. Zu dieser letzteren Art von Aeusserungen gehört die interessante Arbeit von Di Mattei[3]), welcher auf Grund seiner an Tauben ausgeführten Untersuchungen (in Catania) die pathogene Wirkung der Vögelcytozoa und deren Zugehörigkeit zu den malarischen Mikroben überhaupt in Abrede stellt und dieselben in Anbetracht ihrer äusseren Aehnlichkeit mit dem Namen »pseudomalarisch« zu belegen vorschlägt. 1. Bei seinen Untersuchungen über die Temperatur der inficirten und der parasitenfreien Tauben fand er bei den Ersteren »keine Störungen, die sich mit Temperaturerhöhungen bemerken liessen.« Die Temperatur der ersteren Tauben war nie höher als bei den letzteren. 2. Chinin, Arsenik, Sublimat, welche bei der Malaria-Infection des Menschen von so grossem Nutzen sind, waren unwirksam auf die Lebens- und Widerstandskraft der Hämoparasiten der Vögel. 3. Transmission der Infection, auf verschiedenen Wegen geprüft, ist zwischen den Tauben nicht möglich. 4. Endlich haben die experimentellen Inoculationen als Versuche von wechselseitiger Infection auf dem Wege des Blutes zwischen malarischen Menschen und gesunder Taube und zwischen inficirter Taube und gesunden Menschen zu negativen Ergebnissen geführt (a. a. O., S. 295—296). Ueberhaupt scheint es, dass gesunde Tauben sich durch Nichts von inficirten unterschieden. Der Gesundheitszustand war bei Letzteren nicht gestört.

Sich auf diese Versuchsresultate stützend, widerlegt Di Mattei meine Hypothese von der Malaria-Infection der Vögel, sowie die

1) Hygienische Rundschau, 1892, Nr. 9.

2) Du Paludisme et de son hématozoaire 1891, p. 110.

3) Beitrag zum Studium der experimentellen malarischen Infection am Menschen und an Thieren. Archiv für Hygiene, 1895, Bd. XXII, S. 191—300

angeblich von mir vertretene Ansicht über die »völlige Idendität« der Cytozoa bei Vögeln und Menschen. Der Wichtigkeit dieser Frage, sowohl für die vergleichende Pathologie, als für die Lehre von der Malaria beim Menschen bewusst, scheint mir eine ausführliche kritische Betrachtung der Arbeit von Di Mattei nothwendig. Es sei mir aber zuvor gestattet, einiger Resultate meiner Arbeiten in Kürze Erwähnung zu thun. Ich fand nämlich bei Vögeln zwei Formen der malarischen Mikrobiose des Blutes: eine acute (mit schnellerem Cyclus der Entwickelung und der Fortpflanzung) und eine chronische. Bei der Letzteren finden sich im Blute in den Haemocyten verschieden gestaltete Pseudovacuolen (d. s. junge Frühformen der Cytozoa); die grösseren derselben, seitlich vom Haemocytenkern gelegenen und die eine Halbmondform mit erweiterten Enden besitzenden werden (meiner Ansicht nach nicht ganz glücklich) von einigen Autoren als »Halbmonde« bezeichnet (Halteridium Labbé). Ferner trifft man eine geisseltragende Form Polimitus und eine bewegliche würmchenähnliche Laverania (mihi). Die Kerne der inficirten Haemocyten sind nicht verschoben oder nur wenig. Bildung irgend welcher freien Sporen ist mir bisher mit Sicherheit zu constatiren nicht gelungen, wohl aber war dies von Labbé beobachtet und ausführlich beschrieben (a. a. O.), theilweise auch schon von Celli und Sanfelice i. J. 1891 beobachtet worden. Die Temperatur dieser Vögel ist nicht erhöht; in der Regel sind keinerlei Störungen wahrzunehmen, wenn die Infection nicht übermässig stark ist; der inficirte Vogel zeigt in seinem Benehmen fast keinen Unterschied vom Gesunden. Wesentlich anders ist das Auftreten der anderen Cytomikrobenform (Cytosporon avium mihi sin. Proteosoma Labbé). Diese nimmt für ihr Wachsthum und Sporulation innerhalb des Haemocyten etwa 4 bis 5 Tage in Anspruch, wobei der Kern des Letzteren stark verschoben erscheint. Die Sporen gruppiren sich in Form von Sonnenblumen (wie bei F. quartana des Menschen) oder einer Rosette oder eines Morula, einer Maulbeere um das centrale Häufchen von Melaninkörnchen (wie bei F. tertiana). Hierbei steigt die Temperatur um 1 bis 1,5°C., der Appetit

sinkt, der Vogel wird matt, reagirt mangelhaft, es treten selbst Krämpfe auf, die Befiederung geht schlecht von Statten, die Athmung ist erschwert etc. Sehr häufig endet diese Erkrankung letal (im Herbst). Diese schwere Infectionsform mit schneller Sporulation war in der Nähe von Charkow nicht jedes Jahr anzutreffen. 1890 beschrieb ich sie zuerst als »acute fieberhafte Infection[1]). Dies mag noch so sonderbar klingen, aber wir sind berechtigt **von wirklichem Fieber bei Vögeln** zu sprechen.

Es drängt sich nun die Frage auf: Wie ist der so widersprechende Schluss von Di Mattei zu erklären? Denn es handelt sich ja nicht um verschiedene Interpretation, um theoretische Anschauungen, sondern um einen directen Gegensatz des thatsächlichen Befundes. Diesem Missverständnis wird, wie ich unten zeigen werde, dadurch leicht vorzubeugen sein, dass ich nachweisen werde, dass Di Mattei es allein mit der — nach meiner Bezeichnung — chronischen Malaria der Vögel zu thun gehabt und er seine Ergebnisse auf alle Arten der Infection des Blutes zu sehr verallgemeinert hat.

Bei seinen Tauben fanden sich von Mikroben nur »Halbmonde« (semilunare Form der Laverania Danilewskyi (Grassi) auf verschiedenen Wachsthums- und Entwickelungsstufen (a. a. O. S. 256, 262—268, 274—276); weder sporulirende Formen, noch Polimitus, noch bewegliche Blutwürmchen (Laverania mihi)

---

1) Annales de l'Institut Pasteur 1891. »Contribution à l'étude de la microbiose malarique.« In unserer russischen Mittheilung über dieselbe Frage ist zu lesen: »Die hieher gehörigen Beobachtungen wurden von mir theils schon in den früheren Jahren (d. i. vor 1890) gemacht, indessen trug das Fehlen thermometrischer Messungen dazu bei, mich ihnen gegenüber selbstverständlich skeptisch zu verhalten (als acutem Fieber!) und ihre Veröffentlichung auf längere Zeit hinauszuschieben « (D. i. bis 1890, in welchem Jahre auch die diesbezüglichen vorläufigen Mittheilungen von Grassi und Feletti erschienen). Dies ist genügend um zu zeigen, dass die Entdeckung der schnell sporulirenden Cytozoën der Vögel (Cytosporon) resp. Veröffentlichung derselben beiderseits ganz unabhängig geschehen war. Ich muss noch hinzufügen, dass meine erste Mittheilung (i. J. 1890) in einer medicinischen Universitätsgesellschaft zu Charkow vor der vorläufigen Mittheilung in »Annales de l'Institut Pasteur« gemacht wurde.

waren, wie es scheint anzutreffen; wenigstens erwähnt sie der Autor nicht[1]).

Nach Grassi und Feletti ist das Haustäubchen der Provinz von Catania nur einer Species von malarischen Parasiten unterworfen, die Wachsthumsdauer dieses Parasits »Halbmondes« ist nicht angegeben; höchst wahrscheinlich dauerte die volle Entwickelung nicht weniger als 8—10 Tage. Die so inficirten Tauben bieten anscheinend keine Störungen dar, noch haben sie eine lange Zeit hindurch Krankheitszeichen an den Tag gelegt. Daraus ergibt sich sicher, dass die Tauben von Di Mattei nach meiner Bezeichnung nur von der chronischen Infectionsform befallen waren.

Ein weiterer Anlass zu unseren so scharf entgegengesetzten Folgerungen war dadurch gegeben, dass Di Mattei ungeachtet der oben angeführten Citate aus meinen Arbeiten, mit zu grosser Entschiedenheit mir die Ansicht von der vollen Identität der Menschen- und Vogelparasiten zuschreibt. So sagt er z. B., dass ich «die Parasiten der Vögel mit denen der acuten und chronischen Malaria des Menschen für eins» erklärte — »eine wahre Identität in jeder zoologischen und pathologischen Beziehung« (a. a. O. S. 249, 250 u. s. w.). Ich gebe wohl gerne zu, dass die Ueberschrift, sowie das Ende meiner 1886 erschienenen Abhandlung zu dieser nicht vollkommen richtigen Deutung meiner Ansichten Veranlassung geben konnte, indessen ist, wie ich glaube, in meinen folgenden Arbeiten (während der letzten 5 Jahre) hinlänglich genug gethan zur Beseitigung dieses Missverständnisses. (S. die obigen Citate.)

Wir gehen jetzt zur Besprechung der factischen Einwände Di Mattei's gegen meine Hypothese über.

1. Di Mattei schreibt: »Danilewsky sagt in sehr unbestimmten Worten (?), dass die Temperatur der Vögel (Elster, Eule etc.) während des Cyklus der Parasiten in ihrem Blut sehr

1) Auf S. 256 erwähnt der Autor, dass »andere Formen frei im Plasma sind.« Freie Halbmonde können nur Polimitus mit beweglichen Geisseln sein, die aus den Haemocyten herausgelaugt sind; oder aber es handelt sich bloss um unbewegliche, durch mechanische Zerstörung der Haemocyten frei gewordene Halbmonde.

erhöht (bis 2 ° C. — B. D.), und dass die Temperatur der mit chronischer Infectionsform behafteten Thiere derjenigen der gesunden Vögel ähnlich sei«. Es leuchtet ein, dass der Autor, der Tauben nur mit chronischer Infection gehandhabt, durch seine Constatirung einer normalen Temperatur bei denselben, lediglich eine Bestätigung meiner Resultate geliefert hat. Er hatte keineswegs «acutes Fieber» der Vögel vor sich, wesshalb er selbstverständlich auch keine Temperaturerhöhung beobachten konnte. Der Autor drückt sich nicht ganz correct aus, wenn er sagt, »Danilewsky betrachtet die Vögel als fieberkrank, nur (?) weil ihre durchschnittliche Temperatur von 41,5 ° bis 42,5 ° schwankende Temperatur manchmal auf 42,8 ° bis 43 ° stieg« (a. a. O. S. 260). Wir haben bereits oben hervorgehoben, dass gleichzeitig auch noch eine Reihe anderer Symptome aufzutreten pflegt, die direkt auf eine acute Erkrankung des Vogels (a. a. O.) hinweist. Da die normale Temperatur bei Vögeln erfahrungsgemäss hoch ist, so würde ich von acuter Malaria-Infection selbst dann reden dürfen, wenn bei Vorhandensein aller übrigen Erscheinungen eine deutliche, mehr oder weniger beträchtliche Steigerung der Temperatur ja selbst ausbliebe.

Thermometrische Messungen ergaben dem Autor ein äusserst interessantes Resultat, dass «bei («chronisch» — B. D.) inficirten Tauben die Temperatur immer um einige Zehntel niedriger war als die der gesunden.» (S. 257.) Ich glaube wohl diese Thatsache mit derjenigen vergleichen zu dürfen, dass bei an chronischer Malaria-Kachexie leidenden Menschen zuweilen auch eine subnormale Temperatur zur Beobachtung gelangt. Indessen ich die Sorgfältigkeit der Di Mattei'schen Beobachtungen rühmlichst anerkenne, muss ich besonderes Gewicht auf die Bedeutung seines Resultates (Herabsetzung der Temperatur bei chronisch-malarischen Tauben) für die Lehre von der Malaria-Infection bei Menschen und Vögeln (überhaupt) legen, da dasselbe meiner Meinung nach einer der Belege für die pathogene Wirkung der Blutparasiten bei chronisch inficirten Vögeln ist.

2. Was das therapeutische Kriterium — ex juvantibus et nocentibus — die Erfolglosigkeit des Chinins und anderer arznei-

lichen Stoffe bei inficirten Tauben anbelangt (a. a. O. S. 260 bis 271), so ist dies Resultat schon a priori zu erwarten, da Di Mattei mit einer chronischen Infection zu thun hatte. Bekanntlich ist auch für Menschen das Chinin, nämlich für atypische Malaria (mit Laverania-Formen), sowie für andere ähnliche chronische Malariaformen-Kachexien nur in relativ seltenen Fällen, wenn überhaupt, von Nutzen; meistens wirkt Chinin auf die Halbmonde fast gar nicht (Laveran, Councilman, James, Sacharoff u. A.).[1]) Folglich ist der strenge Parallelismus der Wirkung des auf Menschen heilend wirksamen und auf Vögel erfolglosen Chinins in den Versuchen von Di Mattei nicht durchgeführt, denn er vergleicht die Chininwirkung auf zwei wesentlich verschiedene Infectionsformen, 1. beim Menschen und 2. bei Vögeln; beim ersteren auf das typische Intermittens mit einem kurzdauernden Sporulationscyklus des Parasiten, bei den letzteren — auf die langdauernde continuirliche Infection (ohne Intermissionen). Ausserdem vermisste er bei seinen Beobachtungen, was Celli und Sanfelice zu sehen Gelegenheit hatten, welche dem Chinin die Eigenthümlichkeit zuschreiben, die länglichen Formen (der Vogelblutparasiten) rund zu machen, indem es, kurz gesagt, die Bewegungen lähmt (a. a. O. S. 271), folglich ist bei Vögeln die Chininwirkung auf die Vogelparasiten nicht immer die gleiche. Endlich habe ich in der eben citirten Arbeit (1891) schon längst darauf hingewiesen, dass «même les injections quotidiennes de quinine (bei Vögeln mit chronischer Infection) ne diminuèrent ni le nombre, ni la mobilité des hémogrégarines (Laverania) et des Polimites». Ich führte einer mit chronischer Malaria (Cytozoa-Polimitusform) behafteten Eule täglich per os 0,01 bis 0,15 g salzsauren Chinins in Lösung im Laufe von 10 Tagen ein, und konnte keinen irgend deutlichen Einfluss auf die Zahl der Cytozoa, auf deren Grösse, die Zahl des excapsulirten Polimitus, sowie auf die Beweglichkeit ihrer Geissel wahrnehmen. Prüfen wir nun die Wirkung des Chinins auf die schnell sporulirenden Mikroben (Cytosporon), der «acuten» Vogelmalaria, so ist meiner Ansicht nach schon a priori zu behaupten,

1) S. auch Golgi, Arch. ital. de Biologie, 1892.

dass diese namentlich lähmende Wirkung deutlich zu Tage kommen wird. Je beweglicher das Mikrob, je durchdringbarer sein Protoplasma für Chininlösungen, um so ausgeprägter muss auch die Wirkung der letzteren sein. Ich kann hierbei nicht umhin zu betonen, dass die chronischen Cytozoa sich innerhalb der Haemocyten in Form einer von dessen dichterer peripherer Schicht umschlossener Pseudovacuole entwickeln, während die Entwickelung und Vermehrung des Cytosporon (Cytamoeba beim Menschen) in der Regel an der Oberfläche des Haemocyten, resp. in seiner äusseren Schicht in Form eines flachen Gebildes (Form von Sonnenblumen) (siehe meine Abhandl. 1891) stattfindet.

Somit entbehrt in vorliegendem Falle auch das therapeutische Kriterium seiner Beweiskraft gegen die Vogelhaemomikroben als Malariaträger; desshalb würde ganz an seinem Platze sein, wenn die Tauben von Di Mattei nicht »Halbmonde«, sondern Cytosporon (Haemamoeba Laverani Labbé) enthielten, beziehungsweise wenn deren Erkrankung sich als »acute Malaria-Infection«, analog dem typischen Febris intermittens des Menschen kund gäbe, bei welchem bekanntlich das Chinin sich in hohem Grade wirksam erweist.

3. Von entschieden höherem Interesse ist der folgende Abschnitt der Di Mattei'schen Arbeit, welcher über künstliche Ansteckung der Tauben vermittelst Haemoparasiten, sowie über gegenseitige (reciproke) Infection zwischen Mensch und Taube handelt. In allen Versuchen war das Resultat negativ: »die Uebertragung der parasitären Infection auf die gesunden Tauben vermittelst Inoculation von Blut inficirter Tauben (via hypodermica, endoabdominali, endovenosa; intrapulmonali) wird nicht erreicht« (278). Aus diesem Grunde, verallgemeinert der Autor, »muss man doch zugeben, dass die Grundlage, worauf man die Idee vom pathologischen Kriterium für die gewollte Identität auferbaut, vollständig mangelt« (279). Bekanntlich aber haben Celli und Sanfelice in derselben Richtung positive Ergebnisse erhalten, und desshalb will Di Mattei »nicht die weniger positiven (3 bei 6) von Celli und Sanfelice erlangten abschwächen;

denn es soll durchaus nicht ausgeschlossen werden, dass unter gewissen gegebenen Bedingungen, die uns unbekannt sind, und die uns für jetzt entgehen, auch die Thiere die künstliche Infection auf dem Wege der Inoculation des inficirten Blutes empfangen können« (S. 278). Daraus ergibt sich, dass der Autor selbst die Möglichkeit einer gelungenen experimentellen Blutinoculation bei Thieren keineswegs in Abrede stellt. Wenn aber dem so ist, so erweist sich sein verallgemeinerter definitiver Schluss etwas voreilig und zu kategorisch, denn es ist leicht möglich, dass derartige Inoculationen von malarischem Blute in der Folge unter Vögeln ebenso gut gelingen werden, wie unter Menschen. Die ganze Aufgabe besteht darin, die günstigen Bedingungen zu bestimmen, und die Methode, die am meisten am Platze wäre, zu wählen. Eine der wesentlichen Bedingungen dürfte meiner Ansicht nach das Vorhandensein von Sporen (und nicht allein von reifen Formen, die sich unter so ungewöhnlichen Bedingungen steril erweisen können) in dem zu inoculirenden Blute sein, eventuell von solchen vegetativen Stadien, die widerstandsfähig genug sind und Keime zu erzeugen vermögen. Es soll ja nicht vergessen werden, dass als Hauptherd der malarischen Haemomikrobiose sich das Knochenmark und zum Theil die Milz präsentiren, was ich in meinen Arbeiten stets betont habe. Eben hier bei den Vögeln localisiren sich vorzugsweise die Entwickelungs- und Vermehrungsprocesse der Haemomikroben. Ich kann hier z. B. nur beiläufig bemerken, dass ich im Knochenmark der malariakranken Vögel grosse Leukocytozoa im Sporulationszustande (sehr ähnlich demselben Processe beim Haemogregarina cistudinis oder lacertarum) fand, welche im peripherischen Blute desselben Thieres stets vermisst wurden. Ich hatte weiter mehrfach Gelegenheit, die Beobachtung zu machen, dass während der vollständigen Amikrobiose des Vogelblutes, im Knochenmark sich noch Cytozoa finden und zwar in nicht geringer Quantität. Dieselbe Bedeutung ist nach meinen Beobachtungen dem Knochenmark (und theils der Milz) auch bei Reptilien und Amphibien beizumessen. Aus diesem Grunde würde ich vorschlagen, die Inoculationen nicht bloss

vermittelst des Blutes, sondern auch vermittelst der Aufschwemmungen der morphologischen Bestandtheile des Knochenmarkes und der der Milz auszuführen. Weiter wäre der Versuch zu empfehlen, die Infection nicht nur an erwachsenen, sondern auch an ganz jungen Vögeln vorzunehmen, und das Blut nicht allein auf den bisher gebräuchlichen Wegen (siehe oben), sondern noch «via endossea» (sit venia verbo!) d. i. direkt in das Knochenmark, sowie in den Augapfel dem Vogel einzuverleiben. Wir wissen andererseits, dass dem normalen Organismus eine gewisse Widerstandskraft gegen jede Infection zukommt, folglich wäre es im Interesse der Inoculation wünschenswerth, eine Schwächung des Organismus durch Hungern [1]) und Aderlass vorhergehen zu lassen, und die Inoculation nicht einmal, sondern wiederholt auszuführen. Ferner ist zu beachten, dass die hohe Körpertemperatur schon an sich gegen eine Infection bis zu gewissem Grade zu schützen vermag, daher wäre dem Versuche eine Abkühlung des Körpers vorauszuschicken (analog dem bekannten Infectionsversuche des Huhnes mit Anthraxbacillen — Pasteur). Endlich sind in der Litteratur Angaben zu finden, dass die Milz als Schutzfilter für das Blut diene, desshalb wäre eine vorläufige Splenotomie vielleicht als günstiges Moment für den Erfolg der Inoculation anzusehen etc. Ich habe hier nur einige bekannte Versuchsbedingungen angeführt, die für die experimentelle Lösung der Frage von der künstlichen Infection nicht allein der Vögel, sondern auch anderer Organismen von Belang sein können. Es muss aber ausserdem darauf Rücksicht genommen werden, dass wir es hier nicht mit einem stabilen organisirten Virus zu thun haben, dessen Anpassungsfähigkeit an die äusseren Verhältnisse seiner Existenz sehr gering ist, sondern mit intracellularen protoplasmatischen zarten Gebilden, die überhaupt nur solange leben, wachsen, sich vermehren und zugleich pathogen wirken können, als dieselben sich unter dem Schutze des ihnen als Sitz dienenden rothen Blutkörperchens befinden.

---

1) Es ist von Laveran beobachtet worden, dass während des Hungerns der Vögel die Zahl der Haematozoen zunimmt.

4. Was den natürlichen Ansteckungsweg der Vögel betrifft, so lässt Di Mattei die Infection durch die Luft geschehen; er meint nämlich, dass »die Haemoparasiten der Tauben bei den normalen Bedingungen der Atmosphäre sich (über den Boden) nicht viel erheben können wegen ihrer Grösse und ihres (wohl grossen) specifischen Gewichtes« . . . und dass »die Parasiten der Vögel (Tauben) sich überall zerstreut finden, so an malarischen Orten wie an gesunden« (S. 284). Indem nun Di Mattei diesen Schluss für zur Genüge constatirt und verallgemeinerungsfähig hält, erblickt er darin einen neuen Beleg gegen meine Hypothese über die malarische Natur der Vogelcytozoa, da »die malarischen Parasiten des Menschen an specielle Lebensbedingungen in bestimmten Orten und unter dem Einfluss bekannter Factoren gebunden sind, während dagegen diejenigen der Tauben an keine der vorgenannten Bedingungen gebunden sind« (285).

Ich muss offen gestehen, dass dieser Schluss mir am wenigsten begründet erscheint. Wir wissen noch sehr wenig von den Ansteckungswegen der Vögel (siehe unten), sowie von der geographischen Vertheilung ihrer Infection zusammen mit der Malaria des Menschen. Es wäre höchst interessant zu erfahren, ob es solche Gegenden gibt, wo die Menschen malarisch, die Vögel aber vom Haemoparasitismus vollkommen verschont bleiben. Es ist mir bisher Nichts derartiges bekannt geworden: die umgekehrte Thatsache dagegen — d. i. das Vorhandensein von Vogelhaemomikroben in irgend einer für den Menschen notorisch nicht malarischen Gegend — kann selbstredend nicht so überzeugend und beweiskräftig sein.

Kehren wir nun zur Ansicht Di Mattei's von der Uebertragung der Haemoparasiten (nur!) durch die Luft wieder, so erscheint diese mir schon a priori wenig begründet, denn ihr widerspricht zum Theil die zweifellose Thatsache, dass junge Vögel, die noch nicht fliegen, in ihren Nestern im Walde, auf hohen Bäumen inficirt werden. Uebrigens gestehe ich, dass ich keine thatsächlichen Beweise besitze, welche die Di Mattei'sche Hypothese direkt umstossen würden; ich will nur darauf verweisen, dass für die Menschen-Malaria die Infection auf dem

Wege des Trinkwassers über alle Zweifel erhaben ist (Boudin, Laveran etc.). Zu Gunsten der Di Mattei'schen Hypothese spricht nur der Versuch von Labbé (a. a. O. 233), dem man indessen dieselben Einwände entgegenhalten kann, welche Di Mattei selbst gegen die »gelungenen Versuche mit der künstlichen Infection« von Celli (S. 251, 253, 255, 272) erhoben hat.[1])

5. Das Capitel »Einfluss der Erblichkeit auf die Infection« (a. a. O. 287) verdankt offenbar seine Entstehung einem sonderbaren Missverständniss. Di Mattei schreibt mir die Ansicht von der erblichen Infection (Haemocytozoa) bei Vögeln zu! Auf Seite 287 schreibt er »Danilewsky hatte im Blute von Jungen die Anwesenheit parasitärer Formen bemerken können. Um diese von ihm erblich genannte Infection (?! B. D.) zu erklären, nimmt er die Möglichkeit einer Uebertragung an, während der Bildung der Eiweissschicht um das Ei herum im Tubus von Fallopio«. Thatsächlich aber ist in meiner Abhandlung: »Nouvelles Recherches sur les parasites du sang des oiseaux« (La Parasitologie comparée du sang I) 1889 p. 13—14 gerade das Entgegengesetzte gesagt: »Quant à la transmission des Hematozoa protozoïca par hérédité chez les oiseaux elle parait invraisemblable, il me semble qu'il serait possible de se borner à une supposition plus simple qui suffirait entièrement pour expliquer la présence du parasite dans le sang d'oiseaux trés jeunes . . .« »Si l'on rapelle que chez les oiseaux pendant l'élevage des petits il se produit des modifications hystologiques particulières dans la muqueuse du jabot et une secretion d'un liquide particulier on comprendra encore plus clairement la possibilité d'infection des petits par les parents pendant la nutrition (Einschnäbelung!) même«. Dem ist noch hinzuzufügen, dass ich Haematozoa ausschliesslich bei Insessores fand (bei Autophagae dagegen, welche nach dem Verlassen des Eies sich selbständig ohne Hülfe der Eltern ernähren, »je n'en

1) Während meiner mehrjährigen Beobachtungen über die Blutmikrobiose bei den Vögeln in der Umgebung von Charkow bemerkte ich, dass das kalte Wetter und vieles Regnen im Anfange des Sommers auf das Auftreten der Cytozoen im Blute hindernd wirkt.

ai jamais trouvé« ibidem).[1] Zur Aufstellung dieser Hypothese wurde ich dadurch veranlasst, dass ich bei noch nackten Jungen von Coracias garrula im Blute eine recht grosse Anzahl von Trypanosoma (kein Cytozoon, sondern eine freie Infusorie aus den Flagellata) gefunden hatte (ibid.). Was aber malarische Haemocytozoa bei Vögeln anbelangt, so war mein Suchen nach diesen intracellularen Parasiten sowohl bei ganz jungen Vögeln (von paar Tagen) als bei Embryonen vergeblich. Demnach fehlte es mir selbst an dem Anlass die Hypothese »der erblichen Infection« aufzustellen[2]). Untersucht man aber das Blut von aus Nestern geholten Jungen, die noch nicht fliegen, deren Befiederung also erst in Entstehung, resp. noch weit nicht beendet ist, so findet man im Blute dieser jungen Organismen malarische Cytozoa recht häufig, und zwar nicht bloss Haemocytozoa, sondern sogar Leukocytozoa! Alle aus ein und demselben Neste hervorgeholten Jungen erwiesen sich in der Regel entweder alle inficirt, oder aber alle ohne Parasiten. Da im obigen Falle beim Auffinden von Trypanosoma bei Jungen, von einer Infection durch die Luft meiner Ansicht nach nicht die Rede sein kann,[3]) so bleibt nichts übrig, als den anderen Weg — die Einschnäbelung — anzunehmen. Selbstredend werde ich diese Hypothese fallen lassen, sobald nachgewiesen sein wird, dass in irgend einer Gegend die Autophagae in demselben Grade, ebenso

1) Zu Gunsten dieser Hypothese der Infection führte ich an, dass im Gastrointestinaltractus der Vögel sich Trypanosoma und Coccidia finden, und dass es Arloing und Tripier, Rivolta, Silvestrini gelungen ist, auf diesem Wege Vögel per os mit Coccidien (psorospermose artificielle) zu inficiren.

2) In meiner russischen Ausgabe der vergleichenden Parasitologie des Blutes I, S. 17, habe ich die Frage von der erblichen Uebertragung der Parasiten eingehender behandelt. Siehe Vallisnieri, Andry, Pallas, Rudolphi, Gruby und Delafond, Coruccio, Weltner u. A. In Bezug auf die Haematozoa protozoïca aber nenne ich eine solche Vererbung »unwahrscheinlich«. Dieser Ansicht ist auch Labbé (a. a. O., S. 226).

3) Es ist mir zuerst gelungen die Metamorphose und Vermehrung dieses Blutinfusoriums zu erforschen (Parasitologie comparée du sang I 1889). Es ist mir keine Phase seines Lebens bekannt, die eine Uebertragung ihrer »Keime« durch die Luft zuliesse.

häufig und in demselben jungen Alter in ihrem Blute Cytozoa beherbergen, wie die Insessores. Bisher sind mir solche Thatsachen nicht bekannt geworden und finden sich darüber in der Litteratur, soviel ich weiss, keine solchen Angaben. Es leuchtet ein, dass wenige Ausnahmen den Werth dieser Hypothese über die Ansteckung von den Eltern auf dem Wege der Fütterung nicht in's Schwanken zu bringen vermögen. Wie jede Hypothese, so muss auch diese sich den Thatsachen fügen.

Wollen wir nun annehmen, dass die allererste Blutinfection bei den Insessores auch bei erwachsenen Individuen entstehen kann, so wird man das abweichende Verhalten der erwachsenen Autophagae nur durch die besonderen physiologischen Eigenschaften ihres Organismus erklären müssen.

6. Indem Di Mattei den malarischen Charakter der Vogelcytozoa leugnet, schlägt er für sie die Benennung »pseudomalarisch« vor. »Und während hiermit von einer Seite die zoologische Anschauung von der morphologischen Analogie gerechtfertigt bliebe, so würde unbedingt das pathologische Kriterium nicht compromittirt werden« (298). Ich glaube, dass der Nachweis der völligen Uebereinstimmung (der Menschen- und Vogelcytozoa) in morphologischer und biologischer Hinsicht völlig genügen würde, um die Cytozoa der Vögel selbst dann für malarisch zu erklären, wenn die Vögel auch ganz gesund blieben. Vom Standpunkte meiner Hypothese sind Polimitus und Laverania malarische Parasiten, obwohl die inficirten Vögel bei der langdauernden chronischen Infection in ihrem Gesundheitszustande sich anscheinend durch Nichts von ganz normalen unterscheiden. Demgegenüber kündigt sich beim Menschen die Anwesenheit der Laverania in dieser oder jener Entwickelungsphase durch deutliche Schwächung des Gesundheitszustandes an. Man darf nicht vergessen, dass die pathogene Wirkung dieser Haemoparasiten, gleich allen anderen Mikroben überhaupt, nicht allein von deren Eigenschaften abhängig ist, sondern auch von der Natur des Wirthsorganismus, der durch Anpassung die Schädlichkeit des Parasiten theilweise oder ganz zu neutralisiren vermag.

Was die von mir eingeführte Unterscheidung zwischen »acuter« (Fieber) und »chronischer« Malaria-Infection bei Vögeln betrifft, so gebe ich gerne zu, dass es sich hier vielleicht keine genaue Analogie mit den verschiedenen Malariaformen des Menschen durchführen lässt[1]), indessen ist diese Eintheilung bei Vögeln sehr am Platze und bequem, da hier folgende Kennzeichen der acuten Infection sie von der chronischen scharf trennen: 1. deutliche Gesundheitsstörung (Appetitlosigkeit, Sinken des Ernährungszustandes, Abnahme des Körpergewichts, Apathie, Erhöhung der Temperatur, erschwerte Respiration, Krampfanfälle, gestörte Befiederung etc.). 2. Schneller Krankheitsverlauf in 3 bis 5 Tagen. 3. Das Auftreten von Cytosporon (analog dem Cytamoeba des Menschen) im Blute. 4. Deutliche Verschiebung des Haemocytenkernes. 5. Das Fehlen von Melanose der Organe, eventuell der Milzvergrösserung. 6. Schneller Eintritt des Exitus letalis resp. ebenso schneller totaler Schwund dieses Cytozoons aus dem Blute. Ich muss noch auf eine sehr wesentliche Thatsache aufmerksam machen, dass nämlich das sporulirende Cytozoon (en rosace) sich bei meinen Beobachtungen niemals längere Zeit, z. B. etwa 2 bis 3 Wochen, im Blute aufhielt, natürlich in mehreren Generationen gedacht, dagegen lassen sich die Cytozoa der chronischen Infection ununterbrochen Monate, ja Jahre lang verfolgen (im Laboratorium).

Wie bei der menschlichen Malaria, so auch bei mit chronischer Infection behafteten Vögeln treten zuweilen deutliche Exacerbationen auf, die mit Anämie, Melanämie, deutlicher Melanose der Organe, Verfall der Ernährung und Abmagerung vergesellschaftet, sogar den Exitus letalis herbeiführen können. Ich hatte Gelegenheit, deutliche Steigerung der chronischen Mikrobiose des Blutes zu beobachten, sobald Cytosporon auftrat, d. i. eine Infection mixte Platz griff. In welchem genetischen Verhältnisse die Mikroben beider Infectionsformen bei Menschen

1) Die chronische Malaria der Vögel entspricht nach meiner Bezeichnung der Infection des Menschen mit würmchenähnlichen Semilunarformen (Laverania) und mit sporulirenden »Halbmonde« (nach P. Canalis), deren Anwesenheit im Blute an sich gar keine Hyperthermie veranlassen kann.

und Vögeln zu einander stehen, darüber sind die Ansichten noch verschieden. Die Zahl der vorhandenen diesbezüglichen Thatsachen ist offenbar nicht ausreichend, um diese Frage schon jetzt zu lösen. Doch sind für ihren genetischen Zusammenhang schon manche Stimmen laut geworden, was auch mir am wahrscheinlichsten erscheint. Die acute Infection der Vögel beobachtete ich in Charkow im Herbst, und die chronische zu jeder Jahreszeit (im Winter weniger, im Frühling dagegen mehr[1]).

Zum Schluss erachte ich es für passend, die unten folgende parallele Zusammenstellung einiger analogen factischen Daten in Betreff der Malaria-Infection bei Menschen und Vögeln, als Grundlage meiner Hypothese von den pathogenen malarischen Eigenschaften der Vogelcytozoa, zu geben.

Infection

des Menschen.	der Vögel.
1. Das typische Fieber ist durch die pathogene Wirkung eines schnell sporulirenden intracellularen Haemomikroben (Cytamoeba Tertianae resp. Quartanae) bedingt[2]).	1. Die acute fieberhafte Erkrankung steht mit dem Auftritt im Blute eines sporulirenden intracellularen Mikroben-Cytosporon in Zusammenhang.

1) Die neuen von mir erlangten Resultate über die Parasitologie der Vögel (und anderer Thiere) konnten natürlich nicht, weil in die Rahmen dieser Arbeit nicht passend, hier Berücksichtigung finden. Vorliegende Schrift bezweckt nur in einigen strittigen Punkten, entsprechend dem Inhalt der Di Mattei'schen Arbeit, Aufklärung zu schaffen In Bezug auf Einzelheiten und Neuigkeiten möchte ich nur auf die in Vorbereitung begriffene neue Auflage meiner »Vergleichenden Parasitologie des Blutes« aller Wirbelthierklassen verweisen, wo die von mir gefundenen Myoparasiten aus der Klasse Sporozoa (Microsporidia) in Muskeln von Rana, Lacerta und Cistudo auch berücksichtigt werden.

2) Der Genauigkeit halber habe ich (1890) die Benennung »Cytamoeba« (di. intracellularer amöboider Parasit statt Haemamoeba vorgeschlagen, weil ich bei meinen Untersuchungen im Vogel- und Amphibienblute auch freie amöboide Parasiten gesehen habe, die im Plasma schnelle Bewegung ausführen, für die also ebenso der Name Haemamoeba passen würde. (Darüber wird erst später berichtet.) Ueber die Auffindung freier amöboider Parasiten im Menschenblute, siehe L. Pfeiffer, die Protozöen als Krankheitserreger. (Nachträge) 1895. S. 99.

2. Febris continua u. dgl. Formen, welche mehr oder weniger lange Zeit ohne Hyperthermie verlaufen, sind durch den würmchenähnlichen oder semilunaren Cyto-Parasit bedingt.

2. Beim chronischen Verlauf der Infection unterscheiden sich die Vögel fast durch Nichts von normalen, nur lässt sich hierbei im Blute das Vorhandensein 1. eines charakteristischen semilunaren Cytoparasits in Form von beweglichen Blutwürmchen (Laverania) in einem früheren Stadium, ganz analog den »Halbmonden« des Menschen und 2. eines anderen sporulirenden Cytozoons — Halteridium (Labbé) — Halbmonde der Autoren — nachweisen.

3. Im Blute von Fiebernden findet sich ein kugelförmiges Cytozoon (Polimitus), bei welchem 5–10 Minuten nach dem Ausfluss des Blutes sich schnell bewegliche Geissel entwickeln. Letztere fehlen in ganz frischem oder unverzüglich fixirtem Blute. Auch gibt es im frischen Blute gewöhnlich keine freie Polimitus, sondern nur intracellulare.[1])

3. Bei Vögeln findet sich neben anderen Haemomikroben der Polimitus, welcher seine bewegliche Geissel erst einige Minuten nach dem Auslass des Blutes entwickelt, wo der Polimitus sich erst aus dem Haemocyten herausbefreit (excapsulirt).

1) Trotzdem ich in meiner Abhandlung über den Polimitus Malariae (Centralbl. f. Bacteriolog. IX. 1891 No. 12), wie mir scheint, genug Gründe angeführt habe, um zu beweisen, dafs das Auftreten von beweglichen Geisseln bei dieser Vogelmikrobenform als Product ihrer Lebensthätigkeit, also als organische Bestandtheile des Parasits aufgefasst werden muss, so machen sich doch noch immer entgegengesetzte Ansichten geltend, als wäre diese geisseltragende Form nichts Anderes als eine Todeskampfes- oder Degenerationserscheinung, postmortale Bildung oder Zerfallsvorkommnis, aber kein lebendiger normaler Vorgang. Es ist klar, dass diese oder jene Ansicht sich in gleicher Weise auf die Polimitusform des Menschen- und Vogelbluts bezieht, welche sich als Haemo- oder Leukocytozoa entwickelt. Zu den früher gelieferten Belegen zu Gunsten der Vitalität der Geissel resp. des Polimitus will ich nur hinzufügen, dass der Polimitus nach meinen Beobachtungen mechanische Erregbarkeit besitzt (z. B. gleich dem Sichelkeime gewisser Sporozoa, dem Blutwürmchen der Schildkröte), denn ich konnte wiederholt beobachten, dass nach dem Aufhören der Geisselbewegung bei grösseren Polimitus-Individuen dieselbe sich wieder einstellte, sobald ich mit einer Nadel auf das Deckglas gedrückt hatte. Es ist möglich, dass die Excapsulation und die Entwickelung von beweglichen Geisseln bei Polimitus im Blutpräparat nicht nur durch Abkühlung und beginnende Asphyxie, wie ich früher annahm, sondern auch theilweise durch mechanischen Druck bedingt ist. Offenbar fehlen all' diese drei Bedingungen dem normalen Blute in situ, was die Abwesenheit des beweglichen Polimitus gewöhnlich in ganz frischem Blute bei Menschen

4. Die vom excapsulirten Polimitus sich loslösenden Geisseln erhalten für einige Zeit ihre selbstständige Beweglichkeit (als Pseudospirilla).

5. Der vom Haemocyten frei gewordene Polimitus fällt sehr bald (im Präparate), besonders nach Abreissung der Geissel, einer vollständigen Desintegration anheim. (Austreten der Entoplasma).

6. Die Sporulation der Cytamoeba geschieht unter Gruppirung aller Melaninkörnchen zu einem centralen Häufchen. Die Cytamoebe selbst nimmt die Form eines Gänseblümchens (Quartana) oder einer Rosette, oder einer Maulbeere (morula) bei F. tertiana an.

7. In seltenen Fällen wurde eine Beweglichkeit der semilunaren Formen Laverania (Halbmonde) beobachtet (Chenzinsky, Nepveu[1]) Bein[2]). Meistens werden sie als unbeweglich bezeichnet.

4. Die vom freien Polimitus sich loslösenden Geissel setzen ihre freie Bewegung im Plasma »etwa als Pseudospirilla« im Laufe von 20—30 Minuten fort.

5. Nach Abreissung der Geissel findet eine mechanische Zerstörung des Polimitus statt, welche wahrscheinlich mit der gesteigerten Imbibition in Zusammenhang steht.

6. Die Sporulation des Cytosporon geschieht, um das centrale Melaninhäufchen herum in Form eines Gänseblümchens (wenn die Sporen in geringer Anzahl grösser, etwa birnförmig und mit einem Kern sind) oder in Form eines sphärischen Häufchens von kleineren Sporen (morula).

7. Die Laverania aus dem kugeligen Cytozoon ad oculos des Beobachters als freies Blutwürmchen entstanden, zeigen eine den Blutgregarinen (Drepanidia) ähnliche Bewegung[3]). — Die intracellularen semilunaren Formen mit einem grossen Kern zeigen sich unbeweglich.

---

und Vögeln begreiflich macht. Was nun die Beziehungen des Polimitus zu den anderen malarischen Mikrobenformen anbelangt, so dürfte man an ihrem genetischen verwandtschaftlichen Zusammenhang kaum zweifeln. Die Ausbildung dieser geisseltragenden Form verlangt mehr Zeit und günstigere Bedingungen als schnell sporulirende Parasitenformen (Cytosporon oder Cytamoeba) und stellt sich als eine höhere resp. mehr complicirte Entwickelungsstufe dar. — Um Missverständnissen vorzubeugen, führe ich das von mir im Jahre 1891 über das Polimitus Gesagte hier wieder an. (Centralbl. f. Bacter. IX. 12): »die Benennung ›Polimitus‹ kann provisorisch den Parasiten auch als Vertreter der Haemosporidia oder Coccidia (?) resp. ihrer Phase, welche mit vielen Geisseln versehen ist, vollkommen charakterisiren.« Er ist kein Blutinfusorium wie z. B. Trypanosoma sanguinis.

1) Memoires de la Société de Biologie (Séance du 21. März 1891).

2) Charité-Annalen, XVI. 1891. S. 193, 195, 204. — Wegen der Abwesenheit der Abbildungen kann ich nicht sicher behaupten, dass meine Interpretation seiner Befunde richtig sei.

3) Bei chronischer Malaria-Infection fand ich oft im ganz frischem Blutpräparate die beweglichen Blutwürmchen mit einem centralen Kern,

8. Alle Cytozoenformen führen schon am 2 bis 3. Tage ihres Wachsthums und Reifung eine regressive Metamorphose des Hämoglobins mit Melaninbildung herbei. Diese Pigmentkörner sind keine integrirenden Bestandtheile des Parasits.

8. Alle Formen der Cytozoa erzeugen im Laufe von mindestens 48 Stunden Melanin aus dem Haemoglobin des Haemocyten. Diese Pigmentkörner sind keine integrirenden Bestandtheile des Parasits.

9. Cytamoeba und Polimitus können im Blute von Fiebernden getrennt vorkommen, d. h. nicht zu gleicher Zeit und scheinbar unabhängig von einander[1]).

9. Cytosporon und Polimitus brauchen nicht unbedingt vergesellschaftet zu sein, sie können gleichzeitig, aber auch ungleichzeitig und von einander scheinbar unabhängig vorkommen.

10. Bei der langdauernden Malariaform sind intracellulare Parasiten auch innerhalb der Leukocyten zu finden (Leukocytozoa[2]).

10. Bei der chronischen Infection der Vögel findet man ziemlich häufig Leukocytozoa, aus welcher ad oculos grosse Polimitus resp. bewegliche Laverania hervorgehen. (Einige Formen von Leukocytozoen sind sporulationsfähig.)

11. Die malarische Mikrobiose des Blutes veranlasst eine gesteigerte Phagocytose (Phagocyten, Makrophagen, Melanophagen).

11. In der Milz, Leber und dem Knochenmarke ist bei der chronischen Malaria eine grosse Anzahl von Makro- und Melanophagen anzutreffen.

12. Je schneller die Sporulation des Haemoparasits vor sich geht, um so schärfer und schneller ist die Gesundheitsstörung, d. h. um so stärker ist seine pathogene Wirkung.

12. Schnelle Sporulation des Cytospozon bewirkt eine ausgesprochene Schädigung der Gesundheit, die bei langsamerer Vermehrung anderer Blutparasiten gewöhnlich nicht zum Vorschein kommt.

welche den Drepanidienformen im Blute von Fischen, Amphibien und Reptilien, sowie auch den Sichelkeimen gewisser Coccidia äusserst ähnlich waren. Ich vermuthe, dass diese Gebilde aus den oben erwähnten grossen Leukocytozoen im Knochenmark (und in der Milz) durch Sporulation entstehen, da in diesen Organen alle Zwischenstufen der Entwickelung derselben sich finden. Es ist wohl möglich, dass auch beim Menschen im Falle langdauernder hochgradiger Malaria-Cachexie ähnliche »Blutwürmchen« im Knochenmark, resp. im Blute vorkommen.

1) Ueber die wahrscheinliche Ursache der Verschiedenheit in der Beweglichkeit der Cytamoeba des Menschen und des Cytosporon der Vögel war zum Theil schon in früheren Abhandlungen (1891) die Rede (ausser der Differenz der biologischen Eigenschaften kommt noch ein grösserer mechanischer Widerstand im Vogelhaemocyten in Betracht). Beiläufig soll erwähnt werden, dass W. Kruse bei den Vogelcytozoa deutliche, wenn auch langsame Formveränderung beobachten konnte.

2) Meine Mittheilung im Centralbl. f. Bacteriol., XVIII, 1895, Nr. 8.

13. Die Form der Erkrankung, sowie ihr periodischer Verlauf sind durch die biologischen Eigenschaften und die cyklische Sporulation des Parasits bedingt (typische Fieber).

14. Obgleich die Hyperthermie das am meisten charakteristische Kennzeichen der Malaria-Infection präsentirt, so gibt es doch Fälle, namentlich bei langdauernden Erkrankungen, wo die Temperatur nicht nur nicht erhöht, sondern vielmehr unter die Norm gesunken ist.

15. Bei mehr oder weniger dauernder Malaria-Infection (Kachexie) ergibt sich als Resultat der gesteigerten Degeneration der inficirten Haemocyten die Erscheinung der Melanämie und der Melanose innerer Organe (Milz, Leber, Knochenmark).

16. Bei der gemischten malarischen Infection sind im Blute Cytamoeba, Polimitusform und semilunare Laverania gleichzeitig anzutreffen.

17. Fälle von abgeschwächter malarischer Infection sind möglich, wo in dem den Hautgefässen entnommenen Blute Cytozoa nicht mehr vorkommen, während das Blut aus der Milz sich noch immer mit dessen Parasiten inficirt erweist.

18. Es sind Fälle bekannt geworden, wo Menschen, von der Malaria scheinbar ganz genesen, nach Uebersiedelung aus ihrer malarischen Gegend in eine malariafreie, ohne jede neue Infection wiederum an Malaria erkranken. (Febris secundaria nach Sacharoff). Dies ist so zu erklären, dass die Genesung keine wesentliche vollkommene gewesen, d. h. es blieben im Körper Mikroben,

13. Die Form der Erkrankung so wie ihr zeitlicher Verlauf sind durch die biologischen Eigenschaften und die cyklische Sporulation des Parasits bedingt.

14. Infolge der dem normalen Verhalten eigenthümlichen hohen Temperatur kann die thermische Reaction bei der »acuten« Malaria (Fieberparoxysmus) auch gering ausfallen. Bei der chronischen Infection aber ist die Temperatur normal oder sogar etwas herabgesetzt (Di Mattei.)

15. Infolge der gesteigerten Zersetzung des Haemoglobins, bedingt durch die Lebensthätigkeit der Cytozoa, tritt bei der chronischen Infection (besonders bei Elstern) beobachtet, die Erscheinung der Melanämie und der Melanose innerer Organe (vorzugsweise der Milz) zu Tage.

16. Bei Vögeln mit chronischer Infection (im Blute Polimitus und würmchenähnliche Laverania) ist das gleichzeitige Auftreten vom sporulirenden Cytosporon wohl möglich (Infection mixte).

17. Nach vermeintlicher Genesung vom Fieber ereignete es sich zuweilen, dass das periphere Blut sich im Zustande einer fast vollständigen Amikrobiose befindet, während in der Milz und dem Knochenmarke Cytozoa noch nachzuweisen sind.

18. Bei Vögeln kann die scheinbare Genesung (totale Amikrobiose des Blutes, regelmässige Ernährung, Fehlen von sichtbaren Gesundheitsstörungen) 2—3 Monate und darüber anhalten; später, etwa mit Beginn des Frühlings, treten im Blute von Neuem die Mikroben »der chronischen Infection« auf, ohne dass hierbei eine neue Infection von aussen stattgefunden hätte. (Die Vögel bleiben

die mit dem Eintritt günstiger Bedingungen sich vermehrt und eine Auto-Infection herbeigeführt haben (microbisme latente von Verneuil).

die ganze Zeit im Laboratorium). Augenscheinlich ist dies darauf zurückzuführen, dass die in den Organen (Knochenmark, Milz) zurückgehaltenen Mikroben ihre Lebens- und Fortpflanzungsfähigkeit nicht eingebüsst haben.

19. Die oben angeführten Mikroben aus der Gruppe der Haemosporidia sind obligate Cytosporidia bis zur Phase ihrer vollendeten Sporulation und des Eintrittes der Beweglichkeit (Laverania.)

19. Alle oben angeführten Haemoparasiten aus der Gruppe der Haemosporidia sind obligate Cyto-sporidia bis zur Phase ihrer vollendeten Sporulation und bis zur beweglichen Phase der reifen würmchenähnlichen Laverania.

20. Die Malaria-Infection zeichnet sich unter Anderm noch dadurch aus, dass sie keine Immunität erzeugt; die pathogene Wirkung der folgenden Generationen des Haemomikroben wird durch die vorhergehende Erkrankung nicht abgeschwächt.

20. Die Immunität gegen Malaria-Infection ist bei einigen Vögeln nicht durch die Erkrankung selbst, sondern von vorn herein durch die natürlichen Eigenschaften des Organismus (vorzugsweise namentlich bei den Autophagae) bedingt.

Es sind nicht mehr als 10 Jahre verstrichen, seitdem die Entdeckung von Laveran sich in der Wissenschaft einzubürgern anfing. Als grosses Hindernis ist noch der Umstand zu betrachten, dass der Erreger der Malaria keine Bacterie, sondern ein auf höherer Stufe stehendes Protozoon und namentlich ein intracellularer Parasit ist. Dies allein war ausreichend, um der Entdeckung Laveran's einen gewissen Skepticismus entgegenzubringen. Wenn einerseits für sehr wahrscheinlich gehalten wird, »dass die einzelnen Parasitenformen (der menschlichen Malariainfection) echte Species darstellen, welche eine Umwandlung in andere Formen (d. h. ineinander) nicht eingehen« (Mannaberg), so ist andererseits auch der Ansicht Rechnung zu tragen, dass »nach dem heutigen Stande unseres Wissens es noch gestattet ist anzunehmen, dass dem einheitlichen klinischen und epidemiologischen Bilde der Malaria auch ein einheitlicher Parasit zu Grunde liegt« (Celli). Wenn man als zweifellose Thatsache betrachtet, dass der Generator der Malaria-Infection — »Contagium vivum malariae« ausserhalb des Menschenorganismus (und Vogel-)

frei existirt[1]), so sind wir kaum berechtigt, ihm so viel einzelne Species (4 oder 5) zuzumuthen, wie das einige Forscher in Bezug auf die Malaria-Mikroben des Menschenblutes in der gemässigten Zone, abgesehen vom Mikrobismus der tropischen Malaria (s. die Arbeiten von G. Dock u. A.), gethan haben. Ebenso scheint mir die Aussicht wenig wahrscheinlich, dass der exogen existirende freie Generator der malarischen Vogelinfection ein wesentlich anderer (d. i. nicht nur von einem anderen Genus, sondern auch Ordnung) sein muss, als derjenige der Menschen-Malaria. Solange es nicht gelingen wird, künstliche Culturen dieser Mikrobien zu erhalten und eine zweifellose künstliche Infection auf dem Wege der Impfung zu erzeugen, ist eine endgültige Lösung vieler diesbezüglicher Fragen, die nicht allein für die Medicin, sondern auch für die Zoologie von hohem Interesse sind, kaum zu erwarten.

1) Als »exogener Zustand« nach R. Pfeiffer (Beiträge zur Protozoën-Forschung I, 1892, S. 20—21) oder als Erreger der ectogenen Infection nach H. Buchner.

Ueber den Wärmeschutz durch trockene Kleidungsstoffe nach Versuchen am menschlichen Arme.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Einleitung.

Die alleinige Betrachtung der rein physikalischen Verhältnisse der Kleidungsstoffe kann unsere Kenntnisse über den Werth der Kleidung nicht endgiltig entscheiden, solange nicht dargethan ist, dass es sich bei der Bekleidung des Menschen nur um physikalische Einflüsse handelt.

Die Verhältnisse der menschlichen Haut sind complicirte; sie darf nicht als eine gewöhnliche Contactfläche, von der eben Wärme nach einer anderen wandert, angesehen werden. Die physiologische Bedeutung eines Gewebes könnte eine ganz andere sein, als die physikalische. Die Vermuthung einer specifischen Wirkung bei Geweben aus verschiedener Grundsubstanz muss als berechtigt angesehen werden. Hinsichtlich der Empfindungen wenigstens, welche erregt werden, bestehen bei einzelnen Stoffen entschieden Differenzen.

Man spricht von einem verschiedenen Reiz der Kleidung auf die Haut. Als wenig »reizend« bezeichnet man Leinwand und Seide, als mehr reizend die Baumwolle, als am stärksten reizend die Wolle. Es ist aber, wie ich von vorneherein bemerken möchte, bei dieser Stufenleiter der alte Fehler, in den man bei der Kleidungslehre so oft verfallen ist, gemacht worden, dass man blindlings die Eigenthümlichkeit eines Gewebes als eine Eigenschaft

der Grundsubstanz auffasste, während sie ein Ausfluss der Webweise ist oder sein kann. Glatte Leinen und glatte Seide haben allerdings andere Wirkungen auf unsere Empfindungen an der Haut als Wollgewebe, das Jucken und Kratzen hervorrufen kann. Man soll also füglich nur die glatten Gewebe, Tricotgewebe u. s. w. unter sich vergleichen; auch dann wird man nicht immer leicht die Eigenthümlichkeiten der Verarbeitung von den specifischen Eigenthümlichkeiten der Grundsubstanz trennen können. Wie sehr die Webweise einwirkt, kann man beobachten, wenn man feines Leinenhemd mit einem Leinentricot vertauscht.

Gewisse eigene Wirkungen verdanken die Gewebe sicher den Grundsubstanzen, insofern die Feinheit der Faser und die Glätte, oder das Vorhandensein feiner Härchen, die den Contact ermitteln, nicht ohne Bedeutung sind. Auf ein eigenthümliches Verhalten bin ich bei Pelzen gestossen; wenn man diese mit der Hohlhand gegen den Strich streicht, so beobachtet man bei manchen Pelzsorten nach 2—3 Strichen ein ganz eigenthümliches Gefühl von Wärme. das bei anderen Pelzsorten erst nach langem Streichen zu bemerken ist. Am leichtesten gelang für meine Hand der Versuch mit Skunks und Bisam. Die eigenthümliche Anordnung der Haare an den Pelzen muss offenbar Schuld an dieser Empfindungserregung sein. Eine Röthung der Hand an der streichenden Stelle habe ich nie gesehen; wie dieses Resultat auch zu deuten sein mag, es weist darauf hin, dass man gewisse, von der Beschaffenheit der Oberfläche ausgehende Eigenthümlichkeiten erwarten darf.

Es wäre also vermuthungsweise zuzulassen, dass die physikalischen Eigenthümlichkeiten der Kleidungen durch physiologische Vorgänge eine Änderung und Modification erfahren.

Die Kleidungsreformatoren wissen aber noch von weit zahlreicheren Einwirkungen der Grundstoffe auf die Haut zu erzählen; wie z. B. von Beeinflussungen der Secretionsvorgänge unserer Haut, Hebung der Schweissbildung u. s. w. Nach dieser Richtung habe ich schon früher Experimente durch Dr. Cramer[1]) anstellen lassen. Wir

1) Archiv f. Hyg., Bd. X. S. 231 ff.

haben dabei manche neue Eigenschaft der Kleidungsstoffe kennen gelernt, aber nicht erweisen können, dass hinsichtlich der Reizung der Hautdrüsen eine Differenz zwischen den verschiedenartigen Grundstoffen besteht. Keiner vermag specifisch auf die Hautsecretion zu wirken. Die genannten Versuche widerlegen aber noch nicht eine solche Annahme hinsichtlich der Function der Wärmeabgabe; es muss vielmehr durch besondere Versuche festgestellt werden, dass die Wärmeabgabe unter dem Einfluss verschiedener Kleidungsstoffe, welche das gleiche Wärmedurchgangsvermögen besitzen, nicht geändert wird.

Diese Aufgabe praktisch zu lösen hatte ich mir bereits vor mehreren Jahren (1888) gestellt, aber alsbald erkannt, dass ohne ein sorgfältiges erneutes Studium aller rein physikalischen Verhältnisse der Kleidung nicht zum Abschluss zu kommen sei.

Es war damals noch ungewiss, was man von der Wärmestrahlung der Stoffe, von ihrem Leitungsvermögen u. s. w. halten solle. Ich habe daher die nachstehend veröffentlichten Versuche zurück gehalten, bis eine Klärung der einschlägigen physikalischen Fragen erfolgt wäre.

Da, wie ich meine, dieser Zeitpunkt nunmehr vorliegt, scheinen mir die am Menschen angestellten Versuche nicht ohne praktisches Interesse zu sein.

Die Mittel, deren man sich zur praktischen Beurtheilung des Wärmehaltungsvermögens bedienen kann, sind von mir mehrfach eingehend geschildert worden.

Am geeignetsten wählt man die von mir angegebenen Armcalorimeter[1]); die zu vergleichenden Stoffe werden abwechselnd zur Bekleidung benutzt, während als Vergleichsmaass der nackte Arm Verwendung finden kann.

Wie geeignet diese Methode zur Prüfung selbst kleiner Differenzen der Wärmeleitung sich erweist, hat Dr. Rumpel in meinem Laboratorium dargethan[2]). Nur ein Umstand muss bei Anfängern, die mit dem Apparate arbeiten, besonders betont

1) Zeitschr. für Biol., Bd. XXV, S. 417.

2) Archiv f. Hyg., Bd. IX. S. 51 ff.

werden, dass auf gleichmässige Reinheit des Calorimeters an der Oberfläche geachtet wird, und dass man wohl zusieht, ob nicht ungleiche Luftströmungen die Calorimeter ungleich beeinflussen.

Behinderung des Wärmeverlustes durch die Kleidungsstoffe.

Man kann mittelst des Calorimeters, wie ich in Versuchen mit Dr. Rumpel nachgewiesen, den Wirkungswerth einzelner Kleidungsstücke hinsichtlich der Wärmeabgabe bestimmen.

Wir sahen durch ein Wollhemd (und Handschuh) den Wärmeverlust um 10 % sinken, durch ein zweites Hemd um 7,4 %, durch ein Leinenhemd um 1,6 %, durch den Rock 13,5 % und durch den Überzieher um 6,2 %.

Im Ganzen war der Wärmeverlust durch den completten Anzug des Armes um 38,7 % vermindert worden.

Die Dicke der Schicht der Kleidung habe ich öfter gemessen; es treffen:

auf die Wollhemden	5,0 mm,
das Leinenhemd . . (glatt anliegend)	0,5 „
den Rock	2,0 „
den Überzieher . .	6,0 „
im Ganzen	13,5 mm.

Wenn man annehmen darf, dass die Kleidungsstücke im Calorimeter annähernd ebenso lagen, wie zur Zeit des Messens ausserhalb, dann hätten sich die einzelnen Schichten folgendermaassen an der Wärmeersparnis betheiligt für je 1 mm Dickenschichte

die Hemden aus Wolle mit	3,5 %,
das Leinenhemd mit . . .	3,0 „
der Rock mit	6,7 „
der Überzieher mit	1,0 „

Die Wirkung hängt offenbar von der Vertheilung der festen Substanz und der Luft, sowie der Reihenfolge der Anordnung, ab.

So darf man also auch hoffen, dass die Methode genügen werde, die gestellten Anforderungen zu befriedigen.

Nachdem ich a. a. O. die Art der Messung ausführlich beschrieben, glaube ich hier auf ein näheres Eingehen verzichten zu können.

Besonderes Gewicht muss man darauf legen, dass die Versuchspersonen recht bequem an dem Calorimeter sitzen; ich habe an demselben zwei Stützpunkte: einen für die Brust und einen für den Kopf anbringen lassen. Damit die Versuchspersonen absolut nicht in der Lage sind, die Innenwandungen des Calorimeters zu berühren, habe ich in 2 cm Abstand von der Wand ein Drahtnetz befestigen lassen. Der Arm selbst ruhte auf einem leichten Holzgitter.

Bei Ungeübten hat man darauf zu achten, dass sie nicht im Verlauf des Versuchs ihre Arme ungleich weit in die Calorimeter stecken. Gegebene Ruhepunkte für den Körper schliessen aber diese Fehlerquellen sicher aus.

Während der Versuche wurde die Stubentemperatur, Barometerdruck und relative Feuchtigkeit abgelesen. In vielen Versuchen wurde die ausgeschiedene Wasserdampfmenge durch Abfangen in Kölbchen, welche mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt waren, bestimmt.

Als Versuchspersonen verwendete ich ausschliesslich Schwangere, da anderes Material in Marburg damals nicht zu beschaffen war; es wurden thunlichst dieselben Personen benützt [1]).

Ehe wir an die eigentlichen Versuche herantraten, haben wir mehrfach Messungen über die Wärmeabgabe der beiden nackten Arme gemacht; schon Rumpel hat angegeben, dass eine Differenz zwischen beiden Armen kaum besteht. Auch wir können dies wieder bestätigen, z. B. war erhalten worden

Rechts	Links
6,16 Cal.	6,26 Cal.
7,26 „	7,26 „
5,77 „	5,77 „

1) Herrn Geheimrath Ahlfeld zu Marburg sage ich für seine freundliche Mitwirkung bei Beschaffung von Versuchspersonen an dieser Stelle meinen besten Dank.

Dr. Nothwang[1]) hat die gleichen Ergebnisse bei der Wärmeabgabe des Fusses erhalten. Ferrati neuestens bei Beobachtungen am Arme[2]).

Wir haben schliesslich geradezu die Messung der Wärmeabgabe des Armes als Controle bei den Versuchen benützt. Wenn irgend unerwartete Ergebnisse auftraten, konnte durch Einschaltung eines derartigen Controlversuchs die richtige Function des Apparates leicht dargethan werden.

Bei der technischen Durchführung der Versuche hat mich mein damaliger Assistent, Privatdocent Dr. Cramer, aufs Ausgiebigste unterstützt.

Art der Wirkung eines Kleidungsstückes.

Die Art der Wirkung eines Kleidungsstückes, das am Körper getragen wird, deckt sich nicht ganz mit den Vorgängen bei physikalischen Versuchen.

Wenn wir ein Kleidungsstück anlegen, so lagert es sich nur in den seltensten Fällen direkt an die Haut, zumeist bleibt zwischen beiden ein kleiner Hohlraum[3]). Dadurch wird die Wärme abgebende Oberfläche eine erheblich grössere. Der Umfang eines Beines war 37 cm, der Umfang der Unterhose 38 cm, der Hose 41; letztere maass also mehr um 10,6 %; der Umfang des Vorderarmes 25—27 cm; des Hemdes 28 cm, des Ärmels 35, letzterer mehr um 40 % u. s. w. Durch diese Oberflächenvergrösserung wird die wärmesparende Wirkung geringer, als die physikalischen Eigenschaften unmittelbar erwarten lassen.

Wesentlich differirt in praktischen Fällen der Abstand der Kleidungsstoffe von der Haut. Der natürliche Faltenwurf ist eine für die Wärmehaltung der Kleidung ausserordentlich wichtige Eigenschaft, welche mit der Eigenart der Stoffe ganz innig zusammenhängt. Sie lässt sich nur auf dem Wege des Experimentes prüfen und hat uns im Verfolg der Versuche grosse Schwierigkeiten bereitet.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XV, S. 314.
2) Die Versuche werden a. a. O. mitgetheilt.
3) Contacträume, siehe Archiv für Hygiene, Bd. XXII.

Die Menge der durch ein Kleidungsstück wandernden Luft kann beeinflusst werden durch Luftcirculation zwischen der Kleidung; diese hängt zusammen mit der Art der Lagerung des Körpertheils (horizontale Lagerung, vertikale Stellung), mit Öffnungen in den Kleidungsstücken. Die Porenventilation haben wir als eine bereits bei den physikalischen Experimenten über die Kleidung wichtige Eigenschaft früher kennen gelernt[1]).

Die Wärmehaltung hängt also von Umständen ab, welche selbst in kleinen Zeitintervallen eine Änderung erfahren können. Auf dieselben hat ebensowohl die Natur des Kleidungsstoffes wie auch die Struktur und Dicke des Fadens, und die Verknüpfung und Anordnung zum Gewebe Einfluss.

Die Haut ist, wie wir Eingangs schon betont haben, keine constante, sondern eine unbeständige Wärmequelle; die vielleicht von bestimmten Reizen in eigenartiger Weise erregt wird.

Die Wirkung der Kleidung wird wesentlich nur hinsichtlich des Vermögens den Wärmedurchtritt zu hindern aufgefasst; indem wir uns bekleiden, setzen wir an Stelle des direkten Contactes mit bewegter Luft — auch die anscheinend ruhige Luft kann in diesem Sinne als bewegt gelten — die Berührung mit den Kleidungsstoffen. Es kann a priori nicht entschieden werden, in wie weit der Abschluss der bewegten Luft von der Haut Einfluss besitzt oder nicht.

Die Kleidungsstoffe sind nicht wasserdampffrei, der Wassergehalt seinerseits ist ein wichtiges Moment für das Wärmeleitungsvermögen. Bei physikalischen Versuchen lässt sich der Grad der den Kleidungsstoffen in natürlichem Zustande inne wohnenden Feuchtigkeit nicht, oder doch nur mühsam, d. h. nach vorherigen direkten Studien an Kleidungsstoffen — herstellen.

Wir glauben damit genug gesagt und die Nothwendigkeit einer direkten Prüfung der Kleidungsstoffe ausreichend dargelegt zu haben.

In den nachfolgend mitgetheilten Versuchen sind für alle wichtigeren Fälle die Gesammtwärmemengen, welche von dem Arme abgegeben wurden, mitgetheilt. Dieselben wurden so

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI. S 203.

berechnet, dass auf Grund der Aichung der Calorimeter der Wärmewerth, welcher dem Spirometerausschlag entsprach, abgeleitet wurde; hinzu wurde gezählt der Wärmewerth der Ventilationsluft, und endlich der Wärmewerth der Wasserverdampfung.

In allen Versuchen, wo es sich um Bekleidung handelt, sind die so häufigen Schwankungen der Ergebnisse auffällig; wie schon angedeutet, muss dieser Umstand mit Differenzen in der Lagerung der Stoffe zusammenhängen.

Luftbewegung innerhalb und ausserhalb der Kleidung.

Die Kleidungsstücke liegen zumeist nur locker an und lassen mehr oder minder grosse Hohlräume zwischen Haut und Stoff entstehen. In diesen Contacträumen, wie auch durch die Kleidung hindurch, bewegt sich die Luft — allerdings nicht in der völlig ungehemmten Weise, wie man dies früher angenommen hat, immerhin aber in erheblichem Grade[1]).

Die Bewegung wird in manchen Fällen, in denen die Wärme als Triebkraft fehlt, durch mechanische Impulse, Compression der Kleidung u. s. w. eingeleitet. Die absolute Quantität der Lufterneuerung ist von von Schierbeck näher untersucht worden[2]).

Um den Einfluss dieser Luftbewegung demonstriren zu können, habe ich folgenden Versuch ausgeführt:

An beiden Armen wurden Wollflanellärmel vollkommen gleicher Herstellung getragen. Der Arm in dem einen Calorimeter befand sich unter den völlig mit den sonstigen Versuchen gleichbleibenden Bedingungen; bei dem anderen Arm wurde zwischen Haut und Wollbedeckung ein Gummischlauch gesteckt und die Luft direct abgeleitet.

Im ersten Falle wurde an die Luft Wärme durch Berührung an der äusseren Oberfläche des Stoffes abgegeben; im zweiten Falle musste die Luft den Stoff in seiner ganzen Dicke durchsetzen und gelangte rasch nach Aussen.

1) Siehe Archiv für Hygiene, Bd. XXV, S. 1 ff.
2) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 203.

Die Versuchsergebnisse, welche die nachstehende Tabelle bringt, zeigen, wie ungleich die Wärmeabgabe in Abhängigkeit von beiden Einflüssen ist.

Tabelle I.

Beiderseits Wollflanell. Ventilation zwischen Arm und Aermel.

Nr.		Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärmeabgabe d. Strahlung und Leitung	Ventilation in Lit.
		vor[1])	nach[2])	vor	nach	vor	nach				
1.	l. ventiliert	—	—	16,2	16,5	752,4	52,6	74–73 %	394	4,569	226,1
	r.	16,1	20,0						420	5,027	224,0
2.	l. ventiliert	—	—	16,3	16,5	752,6	52,8	73–74 %	296	3,259	235,0
	r.	16,6	19,6						327	3,797	208,6

Luftgeschwindigkeit.

Bei der Beobachtung der Wärmeabgabe des menschlichen Armes wird man mit einer gewissen Sorgfalt darauf achten, dass die Luftbewegung in beiden Calorimetern gleich sei. Die tägliche Erfahrung sagt uns ja, dass die Luftbewegung, der Wind und Sturm in hohem Maasse abkühlend und wärmeentziehend wirken.

Wer sich jedoch einen näheren Ueberschlag über die in Laboratoriumsexperimenten angewendeten Luftgeschwindigkeiten macht, wird nicht auf den Gedanken kommen, dass ein Experimentator vielleicht den einen Arm bei völlig ruhender Luft, den anderen bei grosser Ventilation beobachten wird.

Ich habe auch schon früher mitgetheilt, wie wir stets gerade auf dieses Moment gleicher Ventilation geachtet haben. Directe Experimente über die Einwirkung der Ventilation lagen aber nicht vor, weshalb mir es doch wünschenswerth schien, auch diesen Umstand näher in's Auge zu fassen.

Ich habe zunächst Parallelversuche angestellt, bei welchen das eine Calorimeter vollkommen unventilirt blieb, durch das zweite ging ein Luftstrom von 200—300 l für die Stunde.

Nachfolgende Tabelle führt die einzelnen Werthe auf.

1) Vor dem Versuch. 2) Nach dem Versuch.

Tabelle II.

Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation in Litern	Wärme in Cal. pro Stunde
l. stagnierend . .	17,7	87,5	0	8,371
r. bewegt . . .			296,7	8,787
l. bewegt . . .	18,2	80,0	265,3	7,985
r. stagnierend . .			0	7,518

In beiden Versuchen zeigte sich eine Differenz zu Gunsten vermehrter Wärmeabgabe von Seiten des ventilirten Calorimeters; im ersten Falle ein Mehr von 4,8, im zweiten von 6,3 %. Wenn feuchte Luft von Bedeutung für den Wärmeverlust ist, wie ich dies bei Untersuchung von Thieren gefunden, so liesse sich vermuthen, dass dieser Umstand in etwas die Werthe »ohne Ventilation« getroffen habe. Dadurch würden verhältnissmässig die Unterschiede kleiner geworden sein, als wir hier berechnet haben. Eine erhebliche Fehlerquelle wird dadurch nicht erwachsen sein.

In zahlreichen Versuchen habe ich sodann grosse Luftgeschwindigkeiten auf den einen und geringere auf den anderen Arm wirken lassen.

Tabelle III.

Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation in Lit.	Wärme in Cal. pro Stunde
l. ventil.	18,0	69,0	2515	7,925
r. —			255	4,530
l. —	18,1	70,5	228	4,812
r. ventil			2000	7,275
l. ventil.	20,4	70,0	2280	9,115
—			264	5,727
l.	21,5	73,0	201	6,727
r. ventil.			2235	8,840
l.	26,1	56,0	252	7,273
r. ventil.			2198	8,702

Die Versuche wurden bei verschiedenen Lufttemperaturen von 18—26° angestellt. Die Luftfeuchtigkeitsgrade schwanken, den letzten Werth ausgenommen, um minimale Grössen.

In allen Fällen zeigt sich mit Zunahme der Luftgeschwindigkeit ein erhebliches Anwachsen des Wärmeverlustes vom unbekleideten Arme. Dabei waren die Angaben des Calorimeters mit grosser Ventilation kleiner geworden, wie jene des Calorimeters mit kleiner Ventilation. Z. B. fand sich bei grosser Ventilation 422°, 392°, bei kleiner Ventilation 508°, 469°.

Die Mehrung des Wärmeverlustes trifft auf den Wärmeverlust mit der Ventilation. Bei 200—300 l gehen 4 bis 5 % der Wärme durch letztere aus dem Calorimeter weg, bei grosser Ventilation aber 60—70 %.

Die Vergleichung des Effects der Ventilation auf die Wärmeabgabe des nackten Armes lehrt Folgendes:

Temperatur der Luft	Ventilation ist vermehrt um das x-fache	Wärmeabgabe ist vermehrt um x %
18,0	9,8 fach	74,9
18,1	8,9 »	51,2
20,4	8,6 »	59,9
21,5	11,2 »	31,4
26,1	8,7 »	19,5

Der procentige Zuwachs oder der Effect, den die Ventilation hatte, erweist sich bei verschiedenen Temperaturen ungleich; die niedrigen Lufttemperaturen mehren den Wärmeverlust weit mehr als er bei hohen Temperaturen zunimmt.

Will man also die Ventilationseffecte vergleichen, so hat man dies für gleiche Temperaturgrade durchzuführen. Da wir die erst genannten Reihen mit stagnirender Luft bei 17—18° anstellten, sind dieselben gut vergleichbar.

Es nimmt der Wärmeverlust zu (18,1°)

bei Ruhe und kleiner Ventilation (281,0 l) um 5,5 %

bei kleiner Ventilation (241) zu grosser (2257 l) um 67,6 %

bei Ruhe zu grosser Ventilation (berechnet) 71,3 %.

Aus dem ersten Versuche entnähme man für 1 l Ventilationszuwachs eine Mehrung des Wärmeverlustes um 0,02 %, aus dem letzten Werthe bei grosser Ventilation eine Mehrung von 0,03 %.

In den hier aufgeführten Fällen haben wir den Wärmeverlust durch Leitung und Strahlung mitgetheilt.

Da bei vermehrter Ventilation vermuthlich auch die Wasserdampfausscheidung steigt, so habe ich auch darauf die Untersuchung gerichtet.

Bei 26,1° (s. o.) wurden bei geringer Ventilation 0,904 Cal., bei grosser Ventilation 0,977 Cal. entsprechend an Wärmewerth durch Wasserverdampfung abgegeben. Diese Grösse, den anderen addirt, gibt:

	Gesammtwärmeabgabe	Verhältniszahl
bei kleiner Ventilation	8,177	100
bei grosser »	9,679	118,4.

Nach dem Mitgetheilten steht sicher, dass der Wärmeverlust durch Wasserverdampfung durch die Ventilation nicht in dem gleichen Maasse wächst wie der Wärmeverlust durch Leitung; wir sehen, dass die Wasserverdampfung unsere Betrachtungen nur unwesentlich berührt, indem wir früher als Verhältniszahl (ohne Wasserverdampfung) 119,5 fanden, hier dagegen 118,4, Grössen, welche mit Rücksicht auf die hier zu verwerthenden Ergebnisse als gleich angesehen werden können.

Die in unseren Versuchen zur Anwendung gelangten Windgeschwindigkeiten waren äusserst gering; der Durchmesser des Calorimeters ist 24 cm, und der Querschnitt, auf welchem die Luftbewegung sich ausbreitet, macht nach Abzug des Armquerschnitts etwa 430 qcm aus. 280 l = 280000 ccm pro Stunde ergeben für die Secunde $\frac{280000}{3600}$ d. i. nur 77 ccm Einstrom, woraus sich eine Geschwindigkeit von 0,18 cm für die Secunde ableitet. In gleicher Weise erhalten wir für die grosse Ventilation 1,46 cm Geschwindigkeit. Da man gewöhnlich einen Luftstrom von 0,5 m = 50 cm für die

Secunde für unser Gefühl noch als ruhend betrachtet, so scheint demnach ein Luftstrom, der weit unterhalb dieser Grenze sich befindet, wärmeentziehend wirken zu können.

Ob es sich in den vorliegenden Fällen um eine Mehrproduction an Wärme nach Maassgabe eines wärmeregulatorischen Impulses oder um eine unausgeglichene Wärmeentziehung, um eine blosse Abkühlung gehandelt hat, können wir nicht entscheiden.

Sehr schwache Luftströmungen, unmittelbar für unser Gefühl nicht wahrnehmbar, entziehen reichlich Wärme; es liegt die Vermuthung nahe, dass es sich bei diesen Wärmeentziehungen um solche handelt, welche unterhalb der Reizschwelle des wärmeregulatorischen Apparates liegen und zu abnormer Abkühlung führen. Für die Erklärung der »Zugluft« und »Erkältung« sind diese Experimente von Bedeutung.

Leitet man ab, wieviel dem procentigen Zuwachs der Luftgeschwindigkeit an procentigem Zuwachs an Wärmeverlust entspricht, so hat man für 100 % Ueberschuss.

bei 18,0°	8,5 %	Wärmeverlust	Mittel 7,6
» 18,1°	6,5 »	»	
» 20,4°	7,9 »	»	
» 21,5°	3,1 »	»	
» 26,1°	2,5 »	»	

Aus anderen Beobachtungen ist mir bekannt, dass grössere Luftgeschwindigkeiten weit weniger wärmeentziehend wirken als geringe.

Die bei Ausführung der später mitzutheilenden Versuche vorgekommenen Differenzen der Ventilation können auf die Wärmeabgabe keinen Einfluss geübt haben.

Der durch die Luftbewegung bewirkte Wärmeverlust macht sich natürlich auch durch die Kleidung hindurch bemerkbar. Der Kleidungsoberfläche wird Wärme entzogen und so die Triebkraft für den Wärmeabfluss vermehrt.

Ich habe beide Arme der Versuchsperson mit einem Aermel aus Wollflanell bekleidet und das eine Calorimeter stark, das

andere schwach ventilirt, innerhalb der bereits beim nackten Arm angewendeten Ventilationsgrössen. Die Zahlen bringt nebenstehende Tabelle.

Tabelle IV.

Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stunde
l. ventil.	18,8	77,5	2540	7,914
r.			215	4,908
l.	19,1	77,0	205	4,091
r. ventil.			2081	5,984

In beiden Fällen zeigt sich mit voller Bestimmtheit der wärmeentziehende Einfluss der Luftbewegung auf's Deutlichste. Es verhält sich der Zuwachs:

Lüftung	Zunahme der Ventilation	Zunahme der Wärmeabgabe in Proc.
18,8	11,8fach	61,2
19,1	10,1	46,2

im Durchschnitt also = 53,7 %. Beim nackten Arm betrug der Zuwachs bei 18—20° und 8—10facher Ventilation 51—74 %.

Für 100 % Ventilationszuwachs zeigt sich 5,6 % } 5,8 % im
6,1 » } Mittel

beim nackten Arm 7,6 %.

Es ist ein Unterschied in dem Sinne vorhanden, dass also der nackte Arm verhältnismässig mehr abgibt. Von einem specifischen Reiz der Luftberührung zur Haut darf man aber nicht reden. Wir haben oben gesehen, dass mit zunehmender Lufttemperatur, also abnehmender Temperatur-Differenzen zwischen Luft und Haut die wärmeentziehende Wirkung des Luftstromes rasch kleiner wird. Die Kleidung wirkt wie die Erhöhung der Temperatur; sie setzt die Temperaturdifferenz zwischen der äusseren wärmeabgebenden Fläche und Luft herab und mindert dadurch — anscheinend specifisch — den Procentverlust an Wärme bei gleichem Geschwindigkeitszuwachs.

Die Luftbewegung wirkt also quantitativ verschieden, je nachdem sie innerhalb oder an der äusseren Oberfläche der Kleidung vor sich geht.

Enge und lockere Kleidung.

Die physikalischen Beobachtungen über Kleidungsstoffe haben gezeigt, dass das Wärmehaltungsvermögen von der Dicke und Dichtigkeit des Stoffes abhängig ist[1]). Ebenso hat man in Erfahrung gebracht, dass die Einschaltung von mit Luft erfüllten Hohlräumen nahezu gleich dicke Stoffmassen ersetzt[2]).

Die tägliche Erfahrung lehrt die geringere Wärmehaltung enger Bekleidungsstücke und die bessere der lockeren Kleidung.

Messungen über die Wirkung enger und lockerer Bekleidung am Menschen liegen noch nicht vor, weshalb es erwünscht sein muss, hierüber Directes zu erfahren. Ich habe die Versuche mit verschiedenartigem Material angestellt. Aus ein und derselben Stoffmasse wurden sowohl ein enger als auch ein weiter Aermel hergestellt.

In den engen konnte die Versuchsperson ihren Arm eben hineinstecken, so dass er abgesehen vom Handgelenk und einigen Parthien an den Fingern gut anlag. Bei den Tricotgeweben war ein gleichmässiger Schluss leichter zu erreichen.

a) Glattgewebter Baumwollstoff.

Mit einem aus Hemdenstoff gefertigten Aermel wurde eine Reihe von Messungen angestellt, deren Zahlenergebnisse die Tabelle V auf S. 267 vorführt.

Sonach war für Strahlung und Leitung

Wärmeabgabe des nackten Armes	Wärmeabgabe des bekleideten Armes	Verminderung der Wärme in Proc.
5,069 Cal.	4,180 Cal.	17,6
6,970 »	5,630 »	19,2
7,159 »	5,934 »	17,1
5,727 »	4,781 »	16,5
8,180 »	6,759 »	17,4

1) Archiv für Hygiene, Bd XXIV, S. 265.

2) Krieger, Zeitschr. für Biol., Bd. V, S. 476.

Im Mittel setzte der einfache 0,4 mm dicke Stoff die Wärmeabgabe um 17,6 % herab.

Tabelle V.

Nr.	Bezeichnung	Temp. der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stunde	Abfall in %
1	l. nackt r. bekleidet	21,4	73,5	220 220	5,069 4,180	17,6
2	l. nackt r. bekleidet	19,2	73,0	212 196	6,970 5,630	19,2
3	l. nackt r. bekleidet	18,9	74,5	245 249	7,159 5,934	17,1
4	l. nackt r. bekleidet	18,4	80,0	288 313	4,781 5,727	16,5
5	l. nackt r. bekleidet	16,7	77,0	161 193	8,180 6,759	17,4

Mit einem fest anliegenden Aermel fand ich folgendes:

Tabelle VI.

Baumwolle, dicht anliegend.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
1[1])	l. nackt r. bekleidet	20,1 19,0	23,7 23,0	20,1	19,8	744,0	43,6	66—68%	402 358	5,809 5,213	223,8 251,0
2[2])	l. nackt r. bekleidet	17,2 16,4	19,9 19,7	16,8	16,7	740,5	40,5	63—62%	406 353	5,621 4,921	204,0 209,4
3[2])	l. nackt r. bekleidet	17,2 17,5	20,8 21,1	17,5	17,4	740,0	40,5	60—60%	458 391	6,962 5,934	262,6 254,8

1) Person I. — 2) Person IV.

woraus folgt:

Wärmeabgabe des nackten Armes	Wärmeabgabe des bekleid. Armes	Verminderung der Wärmeabgabe in Proc.
5,809 Cal.	5,213	10,4
5,621 »	4,921	12,5
6,942 »	5,934	14,6

Im Mittel verringerte der enge Aermel den Wärmeverlust um 12,5 %.

Der enge Aermel zeigt sich also in der That weniger wärmehaltend als ein lockerer und weiter Aermel.

Diese Ergebnisse liessen sich noch durch einen unmittelbaren Vergleich weiter erhärten.

Bei einer Versuchsperson wurde der eine Arm locker, der andere eng mit den Aermeln, die wir im vorhergehenden Versuch angewendet haben, bekleidet. Die Versuchsperson wusste nach ihrer Empfindung keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem Wärmegefühl rechts oder links zu machen; die calorimetrischen Ergebnisse zeigen die Unterschiede aber ganz deutlich:

Tabelle VII.

Baumwolle, locker und straff anliegend.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
1.	l. lockere	19,5	22,6	20,0	20,2	754,9	54,9	68—68%	385	4,473	205,1
	r. straffe	19,5	22,0						383	4,585	210,1
2.	l. straffe	19,9	22,8	19,7	19,9	754,9	54,9	70—70%	334	3,708	216,5
	r. lockere	19,8	22,4						309	3,450	218,4
3.	l. lockere	17,5	20,0	17,7	18,2	755,5	55,5	72—73%	388	3,758	219,4
	r. straffe	17,6	20,8						402	4,115	224,3
4.	l straffe	18,6	21,6	18,6	19,2	755,5	55,4	72—73%	406	3,720	208,2
	r. lockere	18,8	21,2						398	3,704	212,7

Daraus folgt:

Wärmeabgabe der locker anliegenden Aermel	der fest anliegenden Aermel	Wärmeabgabe der fest anliegenden mehr um x %
4,473 Cal.	4,585	2
3,450 „	3,708	7
3,758 „	4,115	9
3,704 „	3,720	0,5

Der straff anliegende Aermel liess also im Durchschnitt 4,8 % mehr Wärme durchtreten als der locker anliegende.

Der Vergleich gibt also:

Es sinkt der Wärmeverlust jenen des nackten Armes = 100 gesetzt:

durch einen dünnen Baumwollstoff auf 82,4, d. i. 17,6 % Abfall,

durch einen dünnen Baumwollstoff, straff angelegt, 87,5, d. i. 12,5 % Abfall.

Der straff anliegende Stoff lässt mehr Wärme durch um 6,1 %,
» locker » » weniger » » » 5,9 %.

Der direkte Versuch und Vergleich mit dem straff und locker liegenden Aermel gab für den straff anliegenden mehr um 4,8 % im Mittel, was ausreichend mit dem Vorhergehenden übereinstimmt.

Lässt man aber bei dem direkten Vergleich der zweiten Reihe die Zahl 0,5 % ausser Betracht, so erhält man:

der straff anliegende Stoff lässt mehr Wärme durch um 6,1 %,
» locker » » weniger » » » 5,8 %.

Werthe, die für beide Berechnungen mit den früher gegebenen vollkommen übereinstimmen.

Man kann demnach auf Grund der Versuche aussagen, dass von der Wärme sparenden Wirkung eines einfachen lockeren Baumwollärmels $\frac{17,6}{12,5} = 71,0\%$ auf den Stoff selbst und 29,0% auf den Lufteinschluss kommen.

b) Tricotgewebe aus Baumwolle, 1,6 mm dick (zweifach).

Die Tricotgewebe können heutzutage für einen der weitverbreitetsten Typen gelten; alle Grundstoffe werden zu Tricots verarbeitet.

Aus einem Baumwolltricot (Lahmann'scher Stoff) wurde aus zwei Lagen ein weiter und ein enger Aermel von denselben Dimensionen, wie jene aus glatt gewebten Stoffen waren, hergestellt.

Bei Anwendung des lockeren Gewebes fand ich:

Wärmeabgabe des nackten Armes	Wärmeabgabe des bekleideten Armes	Abfall in Procenten
8,72 Cal.	7,14	18,1
9,87	8,00	18,9
10,37	8,21	21,0
6,83	5,16	24,4

Im Mittel betrug also die wärmesparende Wirkung eines doppelten Baumwolltricots lockerer Lagerung 20,3 %.

Mit dem fest anliegenden Tricot wurden folgende drei Versuche angestellt:

Tabelle VIII.

Baumwolltricot, dicht anliegend.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms vor	Temperatur des Abstroms nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärm. durch Strahlung und Leitung	Ventilation
1	l. nackt	14,1	19,0	14,6	15,9	748,1	47,7	74—76%	804	8,279	203,9
	r. bekleidet	14,3	19,6						730	7,128	217,1
2	l. nackt	18,5	22,7	19,3	19,6	745,2	44,8	67—70%	592	7,407	230,5
	r. bekleidet	18,9	23,0						529	6,440	218,5
3	l. nackt	17,4	20,2	17,1	17,4	746,9	46,7	74—71%	467	5,396	224,7
	r. bekleidet	16,8	20,6						447	5,213	227,8

Daraus folgt:

Wärmeabgabe des Armes nackt	Wärmeabgabe bekleidet	Abfall in Procenten
8,279	7,128	14,0
7,407	6,440	13,1
5,397	5,213	3,4.

Der Wärmeverlust wurde demnach um 10,5 % im Mittel vermindert, aber bei weitem nicht in dem Grade, wie durch den lockeren Stoff.

Der straff anliegende Aermel gab nur $\frac{20,3}{10,2}$, also rund die Hälfte der Wirkung des locker anliegenden Aermels.

c) **Wollflanell.**

Endlich habe ich noch mit einem dritten Material, mit gutem Flanell von 0,17 cm Dicke die Versuchsreihen wiederholt.

Erst wurde festgestellt, um wie viel ein Wollflanellärmel von ganz den gleichen Dimensionen, wie die bisher angewandten sie aufweisen, den Wärmeverlust hemmt. Folgende Ergebnisse wurden gewonnen:

Tabelle IX.

Wollflanell, trocken.

Nr.		Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Leitung und Strahlung	Ventilation
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
3	l. nackt	18,0	21,6			744,7	44,1		514	7,180	67,9
	r. bekleidet	18,0	21,6						391	5,280	61,1
4	l. nackt	17,8	23,4			749,3	49,3		556	7,980	156,4
	r. bekleidet	18,2	23,4						456	6,380	139,5
5	l. nackt	17,6	22,3			748,6	48,6		536	7,930	156,6
	r. bekleidet	18,0	22,0						442	6,190	125,0
6	l. nackt	22,3	25,4	22,2	22,4	749,7	49,7	55%	384	5,030	305,5
	r. bekleidet	22,2	26,2					55%	312	3,960	308,4
7	l. nackt	21,2	25,4	21,8	22,3	751,0	51,1	58%	477	6,610	292,8
	r. bekleidet	21,4	25,5					56%	373	5,030	268,4

Daraus folgert:

Arm l., nackt	bekleidet	Abfall von 100 auf:
7,18	5,28	73,5
7,98	6,38	79,7
7,70	6,19	80,4
5,03	3,96	78,7
6,61	5,03	76,0.

Nach den vorliegenden Zahlen minderte Flanell den Wärmeverlust von 100 auf 77,6 %, d. i. um 22,4 %.

Aus dem gleichen Material ein straff passender Aermel hergestellt und über den Arm gekleidet liefert:

Tabelle X.

Wollflanell, dicht anliegend.

Nr.		Temperatur des Abstroms vor	Temperatur des Abstroms nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation
1	l. nackt	16,0	20,2	16,2	16,5	748,2	48,3	77—78%	610	8,152	206,9
	r. bekleidet	16,1	21,0						536	7,007	198,8
2	l. nackt	16,7	21,0	17,4	17,5	748,9	49,3	72—68%	551	7,900	214,5
	r. bekleidet	17,1	21,6						448	6,255	216,9
3	l. nackt	18,0	20,6	17,7	17,6	749,8	49,4	64—65%	385	5,595	188,7
	r. bekleidet	17,6	20,7						341	5,014	175,6

Hieraus kann man entnehmen:

Arm nackt, l.	bekleidet	Abfall von 100 auf:
8,152	7,007	85,9
7,900	6,235	78,9
5,595	5,014	89,5.

Im Mittel war der Abfall = 84,8, d. i. weniger um 15,2%. Bei lockerem Anliegen waren die entsprechenden Werthe 77,6 und 22,4 %. Bei Flanell treffen also bei lockerer Lage 67,8 % auf die Natur des Stoffes und die Hemmung der Luftberührung und 32,2 % auf die Wirkung der eingeschlossenen Luft.

Auch dieses Ergebnis stimmt zureichend mit der vorher mitgetheilten bei glatt gewebter Baumwolle und Tricotstoff überein.

Auf Grund der drei ausgeführten Versuchsreihen darf man die Wirkung der lockeren und festen Lagerung als beträchtlich bezeichnen. Der locker anliegende Stoff kann um die Hälfte bis doppelt so warm als der straff gespannte sein.

Kleidung aus verschiedenen Grundstoffen.

Die Untersuchung, ob Kleidungsstoffe, zu denen verschiedene Grundstoffe verwendet worden sind, ein ungleiches Wärmehaltungsvermögen besitzen, muss, wie wir im Vorstehenden angegeben haben, verschiedene Umstände berücksichtigen.

Sie soll nur bei gleicher Ventilation, bei gleicher Anordnung der Stoffe geprüft werden; ferner ist eine unbedingte Voraussetzung, dass die Dicke und Dichte der zu verwendenden Stoffe und das Ausstrahlungsvermögen dieselben sind.

Wir haben uns bemüht, mit den zu erreichenden Materialien dies thunlichst durchzuführen.

Von Seiten einer Fabrik waren in gleicher Webweise Tricots aus Baumwolle, Seide und Wolle hergestellt worden, welche sich dazu vorzüglich eigneten. Freilich war es mir unmöglich, absolute Uebereinstimmung der Dicken zu erhalten; wir werden aber später die Möglichkeit zu besprechen haben, wie der unvermeidliche Fehler ungleicher Dicke zu eliminiren ist.

Ich habe einen einfachen Flanellärmel, Wolltricot und Baumwolltricot in doppelter Lage, Seidentricot in dreifacher Lage angewendet, in den ersten Versuchen so wie diese Stoffe in dem Handel vorkommen, in den späteren Reihen, nachdem sie mehrfach gewaschen waren.

Auffallend war bei manchen Stoffen eine grosse Unregelmässigkeit der Ergebnisse, wie sie bisher bei calorimetrischen Messungen mir nicht entgegengetreten sind und welche trotz aller Sorgfalt bei den Versuchen immer wieder auftraten. Dazwischen geschaltete Controllversuche thaten dar, dass es sich um wirkliche, durch die Kleidungsstoffe bedingte Differenzen, vermuthlich um Ungleichheiten der Lagerung der Stoffe, handeln musste.

Man muss dieselben also in den Kauf nehmen, weil sie ja auch bei der Kleidung im natürlichen Zustande vorhanden sein müssen.

Die erste Reihe von Versuchen wurde so angestellt, dass bei einer Person mit symmetrisch gleicher Wärmeabgabe der Arme, der eine unbekleidet gelassen wurde, während der andere mit dem zu untersuchenden Kleidungsstoff bekleidet wurde.

Ich will über diese zuerst berichten, nachdem ich noch kurz einige Angaben über die Beschaffenheit der verwendeten Stoffe mitgetheilt habe, die mir allerdings erst nach Ausführung der calorimetrischen Versuche kennen zu lernen möglich war.

Die Vergleichung der mit verschiedenen Tricotstoffen, auch mit Flanell bekleideten Arme unter einander ist ohne Weiteres

für die Wärmeleitung zu verwerthen. Ich habe für das relative Wärmestrahlungsvermögen [1]) gefunden:

Appretirte Baumwolle	= 100
Wollflanell	= 124,0
Tricotseide	= 124,2
Tricotbaumwolle	= 124,2
Tricotwolle	= 125,3.

Aus meinen Untersuchungen über das Wärmeleitungsvermögen der Stoffe, zu welchen, von Flanell abgesehen, dieselben Gewebe Verwendung gefunden haben wie für die Experimente am menschlichen Arme, möchte ich Folgendes mittheilen:

Das Leitungsvermögen dieser Stoffe bei natürlicher Dichte fand ich zu: [2])

Wollflanell	0,0000650 cal.
Wolltricot	0,0000676 »
Seidentricot	0,0000916 »
Baumwolltricot	0,0001002 ».

Die Dicke der drei angewandten Aermel war aber ungleich, nämlich es ergab:

Wollflanell	= 3,00 mm Dicke
Wolltricot	= 3,50 » »
Seidentricot	= 2,90 » »
Baumwolltricot	= 2,70 » »

Diese Dicken sind controllirt, nachdem die Aermel bereits mehrmals benutzt worden waren; dies scheint nöthig, da im Gebrauch die Dicke etwas variabel ist.

Der Wärmedurchgang in Calorien durch 1 qcm Fläche, bei 1 ° Temperaturunterschied der Begrenzungsfläche und für die Secunde berechnet, wäre bei den angewandten Dicken [3])

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 105.

2) Archiv für Hygiene, Bd. XXIV, S. 346 ff.

3) Die Zahlen sind also nicht die Leitungsconstante K!

In meiner Abhandlung über das Leitungsvermögen der Kleidungs-Grundstoffe, Bd. XXIV, hat — durch ein Uebersehen bei der Correctur entstellt — S. 282 Zeile 8 und 9 zu lauten: »dass die Stoffe ungleiches Leitungsvermögen besitzen«; S. 321 Zeile 7 heissen die Zahlen: 1304, 1472 und 1615; und sinngemäss Zeile 9: sie gaben vermuthlich wegen Nichtberücksichtigung des Wasserwerths der Füllung das allerdings unrichtige Resultat etc.

		relat. Zahl
für Wollflanell	0,0000216	112
» Wolltricot	0,0000193	100
» Seidentricot	0,0000315	163
» Baumwolltricot	0,0000371	192.

Man wird nicht erwarten dürfen, dass die Relationen der Behinderung des Wärmeverlustes vom Arme genau diesen Zahlen entsprechen, wir dürfen aber hoffen, dass die Reihenfolge der Wärmehaltung bei unseren Versuchen den obigen Werthen sich nähert. Wir können also ohne alle weitere Rechnung die Messungen der Stoffe bei den Versuchen am Arme mit obigen Zahlen in Parallele stellen.

a) Tricotwolle.

Der Wollentricot — vollkommen ungebraucht — war äusserst weich und schmiegsam; er erzeugte bei der Versuchsperson keinerlei sichtbare Veränderung der Haut und ihrer Blutfülle. Die Lufttemperatur war an den einzelnen Versuchstagen wechselnd und erreichte an manchen Tagen während der Nachmittagsstunden bis zu 25 ° C., allerdings bei einem verhältnismässig geringen Feuchtigkeitsgrade der Luft.

Die durch die Kleidung bedingte Verminderung des Wärmeverlustes war eine ziemlich constante, nur der letzte Versuch zeigt, wie Tabelle XI auf S. 276 erkennen lässt, einige Differenz. Ob dabei die hohe Lufttemperatur einen Einfluss übte, lässt sich mit Bestimmtheit nicht entscheiden.

Allerdings ist der Gedanke, dass die Transpiration des Armes reichlich Wasser an die Kleidung abgegeben und diese so wärmedurchgängiger gemacht hat, naheliegend, zumal doch gerade die Wolle, wie Reichenbach gezeigt hat, in Berührung mit der Haut weit mehr Wasserdampf anzieht als die übrigen Stoffe. Makroskopisch die Benetzung der Materialien zu erweisen, war nicht möglich.

Einer geringen Correction bedürfen die Resultate wegen der ungleichen Ventilation bei den einzelnen Versuchen. Ich habe oben nachgewiesen, dass dieselbe einen Einfluss erkennen lässt,

und dass deshalb auf eine thunlichste Gleichmässigkeit geachtet worden sei. Dies hat aber kleine Unregelmässigkeiten nicht vermeiden lassen. Legt man alle Ventilationswerthe für den

nackten Arm zusammen, so hat man . . 188 l
für den bekleideten . . . . 176 l,

also wenig Differenz.

Tabelle XI.
Wollentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde.	Abfall in %
13	l. nackt r. bekleidet	18,0	58	167 146	7,66 6,35	17,1
14	l. nackt r. bekleidet	16,2	—	171 132	8,92 7,38	18,3
15	l. nackt r. bekleidet	23,1	64,5	211 204	6,68 5,19	22,3
16	l. nackt r. bekleidet	24,7	54,0	205 223	6,93 4,68	23,6

Man kann aus meinen oben mitgetheilten und anderen Versuchen ableiten, dass innerhalb der in Frage kommenden Ventilationsgrössen der Wärmeverlust für den nackten Arm für 1 % Ventilationszuwachs um 0,06% wächst, bei der Abnahme um 1% der Ventilation die Wärmemenge um 0,085 % zu reduciren ist.

Die Berechnung ergibt für den vorliegenden Fall sodann:

Cal. uncorrig.	Cal. corrig.	Abfall in Procenten
7,32 — 5,88	7,28 : 5,88	— 19,2.

Ein doppelter Aermel aus neuem Wolltricot spart also 19,2 % an Wärme ein.

b) Tricot-Baumwolle.

Der Baumwolllricot fühlt sich weniger weich an wie der Wolltricot, ist unelastischer und gibt im Moment des Anziehens die Empfindung der Kühle, was vermuthlich auf die Menge der mit der Haut in Berührung tretenden Substanz zurückgeführt werden muss. Da ihre specifische Wärme (dem Volum nach

betrachtet) etwas grösser ist als jene der lockeren Wolle, fühlt sie sich kälter an.

Die Wärme sparende Wirkung zeigt sich in folgender Tabelle:

Tabelle XII.
Baumwollentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde	Abfall in %
8	l. nackt r. bekleidet	18,0	—	133 122	8,53 7,08	17,0
9	l. nackt r. bekleidet	16,2	—	162 133	8,58 7,39	14,0
10	l. nackt r. bekleidet	21,5	68,5	192 172	9,48 7,51	20,8
12	l. nackt r. bekleidet	24,7	60,5	197 228	6,25 5,18	17,1

Im Mittel betrug der Wärmeabfall 17,2%. Die Berechnung der Correction für ungleiche Ventilation ergibt:

Cal. uncorr.	Cal. corr.	Abfall in Procenten
8,21 — 6,79	8,18 — 6,79	— 17,0.

c) **Tricotseide.**

Die Tricotseide fühlt sich ausserordentlich weich und angenehm an und erzeugt im Contact mit der Haut nicht das Gefühl einer plötzlichen Wärmeentziehung. Die beiden mit Seidentricot angestellten Versuche enthält die nachstehende Tabelle:

Tabelle XIII.
Seidentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde.	Abfall in %
2	l. nackt r. bekleidet	19,5	60,0	176 137	7,20 5,86	18,7
11	l. nackt r. bekleidet	19,2	66,0	175 165	5,76 4,77	17,2

Durch den 2,9 mm dicken Seidentricot wurde also der Wärmeverlust auf 17,7 % herabgedrückt. Bei Correction für die Ventilation erhält man:

Cal. uncorr.	Cal. corr.	Abfall in Procenten
6,48 . . . 5,31	6,38 . . . 5,31	17,0.

Auch hier ist die Wärmesparung eine erhebliche.

Die Versuche mit den drei aus verschiedenen Grundstoffen hergestellten Tricotgeweben zeigen folgende Wärmesparung gegenüber dem unbekleideten Arm:

Wolle	19,2 %,
Baumwolle	17,0 %,
Seide	17,0 %.

Vergleicht man diese Reihenfolge mit jener, die sich aus der Bestimmung des Leitungsvermögens ergibt, so ist es von grossem Interesse, zu ersehen, dass diese Werthe fast die gleiche Folge aufweisen. Wolle hält wärmer wie Seide und Baumwolle, die in diesem Falle fast übereinstimmen. *Eine specifische und eigenartige Wirkung vermag man aus den Experimenten nicht zu ersehen.*

Nach den bisherigen Ergebnissen erschien es mir unzweifelhaft, dass zur Aufsuchung etwaiger Differenzen im Wärmedurchgangsvermögen der Kleidungsstoffe es jedenfalls auf einen *möglichst unmittelbaren Vergleich* der anzuwendenden Stoffe ankommt.

Dieser lässt sich durch die Bekleidung beider Arme mit verschiedenen Stoffen erreichen; man hat dann denselben Körperzustand, gleiche Temperatur, gleiche Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, gleiche Lagerung der Arme u. s. w.

d) Wollentricot und Seidentricot.

In mehreren Versuchen liess ich wechselnd Wolle und Seide tragen; die Stoffe waren ganz genau dieselben wie sonst.

Die nachfolgende Tabelle zeigt ein ausserordentlich gleichmässiges Ergebnis.

Tabelle XIV.

Wollentricot und Seidentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal pro Stde.	mehr bei Seide in %
1	l. Wolle r. Seide	13,7	63,0	198,7 221,4	4,447 4,921	+ 10,6
2	l. Seide r. Wolle	16,1	63,0	241,1 241,2	3,259 3,123	+ 4,3
3	l. Wolle r. Seide	19,0	63,5	227,7 223,0	4,213 4,407	+ 4,6
4	l. Seide r. Wolle	18,9	65,0	234,6 236,9	3,114 2,977	+ 4,3

In allen Fällen hielt die Wolle die Wärme etwas besser zurück als die Seide.

Die Wärmeabgabe betrug:

		Im Mittel
Bei Seide	3,925 Cal.	106,4 %
» Wolle	3,690	100 %.

e) Wollentricot und Baumwollentricot

In einer anderen Reihe von Versuchen wurden Wolle und Baumwolle verglichen.

Tabelle XV.

Wollentricot und Baumwollentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde	Abfall in % für Baumw.
1	l. Baumwolle r. Wolle	15,0	68,0	244,5 235,1	4,699 4,316	+ 8,9
2	l. Wolle r. Baumwolle	15,6	68,5	251,5 196,3	3,306 3,636	+ 13,4
3	l. Baumwolle r. Wolle	17,3	68,5	243,2 257,0	4,624 4,271	+ 8,3
4	l. Wolle r. Baumwolle	17,9	67,0	219,8 238,4	5,52 6,17	+ 10,5

Wie die Tabelle XV lehrt, zeigt sich der Baumwollentricot durchgängig weniger wärmehaltend, als der von uns angewendete Wollentricot. Dies hat zunächst wenig Auffallendes, weil wir ja wissen, dass der Wollentricot dicker war, als der Baumwollentricot. Verfährt man rechnerisch wie bei der vorhergehenden Reihe, so hat man Folgendes:

Es betrug der absolute Wärmeverlust
durch den Baumwollentricot . . . 4,782 Cal.
» » Wollentricot . . . . . 4,328 »

Zur Stütze der eben angeführten Versuche mögen noch folgende dienen, bei welchen ein Wollflanell mit den in Frage kommenden Stoffen verglichen wurde.

Wollflanell selbst reicht in seinem Wärmehaltungsvermögen offenbar nahe an die übrigen Stoffe heran.

Tabelle XVI.
Wollflanell.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde.	Abfall in %
4	l. nackt r. bekleidet	17,5	—	156 139	8,26 7,06	14,5
5	l. nackt r. bekleidet	17,5	—	156 125	7,50 6,32	15,7
6	l. nackt r. bekleidet	22,2	55,5	305 308	4,80 4,03	17,1
7	l. nackt r. bekleidet	21,8	57	293 268	6,48 5,24	18,8

Aus vorstehenden Zahlen lässt sich folgern, dass der Flanell von angegebener Dicke den Wärmeverlust um 16,5% herabsetzt.

Corrigirt man für die Ungleichheiten die Ventilation, so hat man:

Cal. uncorr.	Cal. corr.	Abfall in Procenten
6,75 · 5,66	6,71 · 5,66	15,7.

Mit diesem Flanellärmel wurden dann Seiden- und Wollentricot noch näher verglichen; es kamen mehrfach Schwankungen in den Ergebnissen zur Beobachtung. Messungsfehler sind nicht

deren Ursache. Wir haben zweimal Versuche mit beiden entblössten Armen dazwischen geschaltet, ohne Differenzen von mehr als 1 bis 2% zu erhalten. Es mag daher die Schuld wohl daran gelegen haben, dass der Flanell sich ungleich lagert.

Wollflanell und Wollentricot zeigten Folgendes:

Tabelle XVII.

Wollflanell und Wollentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l	Wärme in Cal. pro Stde.	Zuwachs in % für Wollentrik. = 100
1	l. Flanell r. Trikot	13,7	64,5	252,6 261,1	5,589 5,265	+ 6,2
2	l. Trikot r. Flanell	16,4	63,5	227,9 254,7	5,440 5,332	— 2,0
3	l. Flanell r. Trikot	18,1	63,5	221,2 232,2	4,768 4,716	+ 1,1
4	l. Flanell r. Trikot	16,2	68,0	240,5 225,8	4,938 4,427	+ 11,5

Im Durchschnitt gibt also Flanell um 4,2% mehr Wärme als die Tricotwolle ab.

Mit Wollflanell und Seidentricot ergaben sich folgende Messungen:

Tabelle XVIII.

Wollflanell und Seidentricot.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur der Luft	Feuchtigkeit der Luft	Ventilation	Wärme in Cal. pro Stde.	bei Seide = 100
1	l. Wolle r. Seide	11,1	68,5	214,3 210,0	4,290 4,510	— 4,9
2	l. Seide r. Wolle	13,5	65,5	239,1 216,4	3,760 4,110	+ 9,3
3	l. Seide r. Wolle	15,8	63,5	274,7 246,4	5,333 4,781	— 10,4
4	l. Wolle r. Seide	16,0	67,5	260,2 234,6	4,970 4,450	+ 11,6

Im Mittel fanden wir den Seidentricot etwas wärmehaltender als den Wollflanell bis 1,4 %. Dies geht nicht ganz mit den Voraussetzungen überein; die Differenzen sind aber so klein, dass man bei den unvermeidlichen Fehlern solcher Versuche am Menschen selbst denselben kein Gewicht beilegen kann.

Auch diese Versuchsreihen stimmen mit den Annahmen überein, die wir oben S. 274 auf Grund der physikalischen Versuche über das Leitungsvermögen gemacht haben. Die Zahlenverhältnisse in der Reihenfolge des Wärmehaltungsvermögens, nach dem Versuch am Menschen beurtheilt, sind freilich andere, weniger differente, als das physikalische Experiment sie ergab. Wir haben aber schon betont, aus welchen Gründen nur eine allgemeine Uebereinstimmung zu erwarten sei und diese genügt, um behaupten zu können, dass ein Anlass zur Annahme specifischer Wirkungen der Gewebe auf die Haut nicht gegeben, und solche als von wesentlicher Bedeutung nicht zu erweisen sind. Wenn aber unsere Methodik im Nachweis solcher hypothetischer Einflüsse versagt, so ist jedem Verständigen klar, dass die rohempirische Beobachtung noch weniger in der Lage ist, solche Wirkungen als bestehend nachzuweisen.

Einfluss der Stoffdicke.

Für manche Betrachtungen ist es nicht ohne Bedeutung, zu wissen, in welcher Art mit zunehmender Dicke der Stoffe die Wärmeabgabe sich mindert. Für rein physikalische Bedingungen habe ich a. O. Mittheilung über die gesetzmässigen Beziehungen zwischen Dicke der Stoffe und Wärmeverlust gemacht[1]).

Da ich bereits früher angegeben habe, um wie viel durch einen 2,70 mm dicken Baumwollentricotstoff die Wärmeabgabe behindert wird, so glaubte ich zunächst die Abhängigkeit des Wärmedurchgangs von der Dicke der Schicht angeben zu können, wenn eine Reihe von Experimenten bei Anwendung einer einfachen 1,35 mm Baumwollentricotschicht zur Ausführung kam.

1) Archiv für Hygiene, Bd. XVI, S. 353.

Die Ergebnisse von 4 derartigen Vergleichungen des nackten Arms und des einfach bekleideten enthält die folgende Tabelle.

Tabelle XIX.
Baumwollentricot, trocken, einfach.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Einstroms	Temperatur des Abstroms	Zimmertemperat. vor	Zimmertemperat. nach	Barometer vor	Barometer nach	Relat. Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme in Cal.	Ventilation in l
1	l. nackt	23,7	28,8	24,2	24,4	746,4	746,0	65—66	434°	5,94	241
	r. bekleidet	24,0	28,3						370	4,96	198
2	l. nackt	22,4	27,8	23,5	22,7	766,0	747,0	66—70	488	6,88	286
	r. bekleidet	22,6	27,0						435	6,00	229
3	l. nackt	19,8	24,6	21,0	20,9	748,4	748,6	74—70	388	5,08	229
	r. bekleidet	20,0	24,6						343	4,46	240
4	l. bekleidet	21,0	24,5	21,4	21,8	748,7	748,7	70—72	311	4,01	200
	r. nackt	21,5	25,0						364	4,73	193

Daraus folgt:

Arm nackt	Arm bekleidet	Abfall in Procenten
5,94	4,96	16,5
6,88	6,00	12,8
5,08	4,46	12,2
4,73	4,01	15,2,

also im Mittel eine Sparung des Wärmeverlustes um 14,18 %, während die doppelte Lage des Stoffes einen Abfall des Verlustes um 17,2 % herbeigeführt hatte.

Da die Schwankungen der Ventilation nicht ganz unerhebliche waren, empfiehlt sich eine Correction der Grössen. Die Wärmeproduction d s nackten Armes mindert sich sodann von 5,66 Cal. auf 5,62 Cal., die Wärmesparung einer einfachen Lage von 14,18 auf 13,6 %.

Offenbar wirkt also die erste Lage eines Stoffes weit mehr wärmesparend als die zweite, was mit den von mir früher gegebenen Mittheilungen im Einklange steht.

Die Frage liess sich aber noch mittelst einer anderen Versuchsanordnung genauer prüfen. Ich liess beide Arme bekleiden, den einen mit einfacher Stofflage, den anderen mit doppelter.

Baumwollentricot wurde zunächst in lockerer Anordnung in einfacher 1,35 m und doppelter Lage = 2,70 cm Dicke auf den Wärmedurchgang geprüft. Die Zahlen der Versuche enthält die nachfolgende Tabelle:

Tabelle XX.

Baumwollentricot (doppelt und einfach) trocken.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes vor	Temperatur des Abstromes nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relat. Feuchtigkeit in %	Ausschlag	Wärme durch Leitung und Strahlung	Ventilation in l
1	l. doppelt	20,8	24,8	22,0	22,3	748,0	748,1	72—72	359	3,886	239,7
	r. einfach	21,8	25,0						373	4,218	196,3
2	l. einfach	21,0	25,2	22,6	23,0	748,1	748,1	71—68	399	4,199	184,9
	r. doppelt	21,9	25,3						360	3,772	194,0
3	l. doppelt	21,6	26,0	23,3	23,3	748,0	748,0	67—67	335	4,224	199,9
	r. einfach	22,6	26,0						334	4,342	205,2
4	l. doppelt	19,2	22,7	19,7	20,2	748,1	748,4	70—73	390	4,004	234,2
	r. einfach	19,4	23,0						403	4,329	243,6

woraus nun Folgendes sich ableitet:

Einfach bekleidet r. o. l.		doppelt bekleidet r. o. l.		Abfall	
4,218	4,267	3,886	3,971	92,1	93,0
4,199		3,772		89,8	
4,342		4,224		97,2	
4,309		4,004		92,9	

Im Durchschnitt fiel der Wärmeverlust bei doppelter Dicke des Stoffes von 100 : 93,0, d. i. um 7,0 %. Der Verlust steigt beim einfachen Stoff, wenn man jene der doppelten = 100 setzt, auf 107,4 = + 7,4 %.

Doppelt so dicker Stoff hat demnach in allen Fällen weniger Wärme hindurch gelassen, wie ja auch zu erwarten war.

Der einfache . . . 4,267 Cal.,
der doppelte . . . 3,971 »

= + 0,296 Cal. pro Stunde weniger.

Nimmt man an, wie andere Versuche zeigen, dass eine doppelte Lage Tricotbaumwolle den Wärmeverlust des nackten Armes von 100 auf 79,6 mindert, und dass statt 100 Wärmeverlust bei doppelter Dicke des Stoffes 107,4 Verlust bei einfacher Lage zu setzen ist, so ergibt sich der Wärmeverlust des einfach bekleideten Armes gegenüber dem nackten Arme zu 100 : 85,5, d. h. eine Mehrung um 14,5 %.

Aus dem gleichen Stoffe wurden alsdann straff anliegende Aermel hergerichtet und mit diesen in vollkommen gleicher Anordnung die Versuche ausgeführt.

Dabei zeigte sich:

Tabelle XXI.

Baumwollentricot (einfach und doppelt) beiderseits straff.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes vor	Temperatur des Abstromes nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relat. Feuchtigkeit in %	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation in l
1	l. einfach	17,9	21,4	18,7	18,6	756,0	756,0	57—57	415	5,783	220,4
	r. doppelt	18,2	20,6						372	5,213	215,3
2	l. einfach	17,8	20,8	17,8	18,3	756,0	756,0	61—63	368	3,473	216,2
	r. doppelt	18,0	20,0						341	3,173	210,8
3	l. doppelt	17,4	20,6	17,3	17,8	755,0	754,8	67—67	431	4,287	232,0
	r. einfach	17,5	20,1						439	4,559	226,2
4	l. doppelt	18,4	21,9	19,2	19,0	754,3	754,3	61—63	416	6,054	237,7
	r. einfach	18,6	21,3						413	6,199	223,0

Hieraus lässt sich berechnen:

Einfach bekleidet r. o. l.	doppelt bekleidet r. o. l.	Abfall in Proc.
5,783	5,213	90,2
3,473	3,173	91,3
4,559	4,287	94,0
6,199	6,054	97,6

Die doppelte Lage von Stoffen hat den Wärmeverlust auf 93,3 %, d. i. um 6,7 % gegenüber der einfachen Lage herabgesetzt.

Einfluss des Stärkens von Baumwollenstoff auf die Wärmedurchlässigkeit.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

In dem Kampfe um eine rationelle Bekleidung ist der Wunsch, lockere Stoffe zur allgemeinen Benützung zu bringen, weitaus der zweckmässigste und vernünftigste; weit leichter als dieser rationelle Grundsatz haben die allerabenteuerlichsten Systeme Eingang in den grösseren Schichten der Bevölkerung gefunden. Glatte dichte Gewebe sollte man nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen zur Unterkleidung verwenden. Die an und für sich nicht günstige Eigenschaft vieler glatter Gewebe wird noch durch gewisse Bearbeitungen und Zubereitungen derselben vermindert. Sie werden behufs besseren Ansehens mit Appretur versehen, aber doch selten in diesem Zustande verwendet. An die Stelle der Appretur tritt später das Stärken, wodurch sie sehr glatt und steif werden. Alle Poren werden von der Stärke zugeklebt.

Ich habe keine näheren Messungen über die Permeabilität gestärkter Stoffe angestellt; aus der Natur der Bearbeitung, die man beim Stärken mit den Hemdstoffen vornimmt, darf man aber als selbstverständlich voraussetzen, dass gestärkte Stoffe, wenn überhaupt, so sicherlich nur die allerminimalsten Luftmengen hindurchlassen.

Die Sitte des Stärkens von Leinen und Baumwolle ist — beim Manne wenigstens — dadurch entstanden, dass man angefangen hat, ausgeschnittene Westen zu tragen. Das gewöhnliche Leinen- oder Baumwollenhemd genügte in seiner unregelmässigen Faltung nicht dem decorativen Zwecke, dem es dienen sollte, und die Kühlung der Brusthaut, welche durch ein dünnes Hemd unangenehm empfunden wird und durch den Wechsel der Luftströmungen sehr belästigt, musste durch die Impermeabilität, die durch das Stärken eintritt, entweder ausgeschlossen oder auf ein geringes Maass reducirt werden.

Ich habe mittelst des Stefan'schen Calorimeters eine direkte Messung über die Aenderung des Leitungsvermögens durch das Stärken angestellt; ein feiner Batist wurde im normalen Zustande und nach dem Stärken auf den Wärmedurchtritt untersucht. Indem ich auf meine früheren Mittheilungen verweise, gebe ich hier gleich die gewonnenen Resultate. 6,2 g Batist nahm + 1,21 g Stärke auf.

Tabelle I.

Einfluss des Stärkens.

Stoff	g	β log e	k	Relation zu Luft	Relation zu Luft für 6 g	k auf Luft = 0,0000532
Batist . .	6,2	0,000949	0,0000887	153,8	152,1	0,0000810
Batist gestärkt .	7,41	0,000990	0,0000928	161,0	149,4	0,0000795

Dadurch ist der Batist wärmedurchgängiger geworden, wie die Werthe für β log e und jene für k darthun. Das ist ziemlich selbstverständlich, weil ja jede Vermehrung des für die Kleidung benützten Materials besser die Wärme leitet als Luft. Nimmt man die Reduction des Leitungsvermögens auf je 6 g Füllung des Calorimeters vor, so stimmen Batist ungestärkt und gestärkt fast völlig überein. Dies kann nicht Wunder nehmen, da doch die Grundsubstanz des Batistes, die Cellulose, von fast der gleichen chemischen Zusammensetzung ist, wie die »Stärke«, die zur Steifung des Batistes Verwendung fand.

Ein etwas anderes Resultat würde man erhalten, wenn man für die »natürliche« Dichte eine Rechnung durchführen wollte, weil der Stoff nach dem Plätten und Stärken zumeist ein höheres specifisches Gewicht wie vorher besitzt. Ich lasse aber die Ausführung der Rechnung in dieser Hinsicht.

Von grossem Interesse ist die Untersuchung des Einflusses des Stärkens von Leinen und Baumwolle mittelst des Armcalorimeters.

Wir haben gesehen, dass eine einfache Leinen und Baumwolllage eines Hemdes erheblich an Wärmeverlust einsparen kann. Die geringe Strahlung des Hemdenstoffes, die Zwischenlagerung von Luft, die Gesetze der Behinderung des Wärmeverlustes mit zunehmender Dicke sichern einer solch dünnen Lage eine kräftige Wirkung.

Bei einer Person, bei welcher durch einen Wollflanellärmel der Wärmeverlust des Armes um 22,8 % vermindert wurde, fand ich durch einen Aermel aus glatter Baumwolle eine Abminderung um 17,3 %, was bei den verschiedenen Dicken dieser Stoffe bemerkenswerth ist. Trotz der guten Wärmehaltung ist ein solcher Baumwollärmel nicht im Entferntesten so behaglich wie der Wollenärmel, weil die Schwankungen im Wärmehaltungsvermögen durch Verschiebungen, Compressionen und Lufteinschluss ungemein grosse sind.

Bei einer zweiten Person erhielt ich folgende Ergebnisse des Versuches:

Nackt Cal.	bekleidet Cal.	% Abnahme von 100 auf:
8,166	6,482	79,3
7,685	6,468	84,1
6,455	5,219	80,8
7,132	5,823	81,6
9,366	8,640	91,1
	Mittel	83,3.

Die mittlere Sparung betrug also 16,7 %, was mit dem vorerwähnten Versuch mit 17,3 % gut übereinstimmt.

An einer dritten Person maass ich Folgendes:

Nackt Cal.	bekleidet Cal.	Abfall von 100 auf Procent
5,069	4,180	82,4
6,970	5,630	80,8
7,159	5,934	82,9.

Im Mittel nackt = 6,39 Cal. gegenüber 5,18 Cal. bekleidet. Die Verminderung des Wärmeverlustes macht 18,0% aus.

Wir hätten sonach in Folgendem drei Mittelwerthe für die Verminderung der Wärmeabgabe durch ein einfaches Baumwollenhemd gefunden:

1. 16,7
2. 17,3
3. 18,0

} = 17,3% als Gesammtmittel.

Von Interesse zur Beurtheilung der Wirksamkeit eines Baumwoll- und Wollflanellhemdes ist vielleicht auch noch die folgende Versuchsreihe, bei welcher die Bekleidungen direkt verglichen wurden.

Tabelle II.
Baumwolle und Wollflanell (straff anliegend).

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms vor	Temperatur des Abstroms nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation in Litern
1	l. Wollflanell	19,8	22,5	20,4	20,6	755,0	754,9	67—68%	379	4,313	216,1
	r. Baumwolle	20,0	23,0						382	4,520	222,9
2	l. Baumwolle	19,2	22,4	19,5	19,7	755,0	755,3	65—66%	340	4,005	221,2
	r. Wollflanell	19,4	21,5						311	3,667	229,2
3	l. Wollflanell	15,8	19,0	16,2	16,5	756,5	756,6	68—68%	388	4,313	225,0
	r. Baumwolle	16,1	18,7						398	4,576	230,0

	Wollflanell liess durch	Baumwolle liess durch
	4,313 Cal.	4,520 Cal.
	3,667 »	4,005 »
	4,313 »	4,576 »
Mittel:	4,097 Cal.	4,367 Cal. (= + 6,6% gegenüber Wollflanell.)

Es zeigt sich evident, dass einfacher, glatter Baumwollstoff von Wollflanell in der Wärmehaltung differirt, und dass letzterer mehr leistet als der erstere. Bemerkenswerth bleibt aber, dass die Unterschiede doch nicht grössere sind.

Nachdem ich dies voraus geschickt, will ich auf die Studien über das Stärken näher eingehen.

Mit dem ungestärkten Material machte ich bei etwa 19,8° C. und 73,6% relativer Feuchtigkeit folgende Versuche. (Tabelle IV siehe S. 291.)

Tabelle III.

Baumwolle (einfach) trocken.

Nr.		Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation in Litern
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
1	l. nackt	20,8	24,8	21,3	21,5	749,0	749,0	74—73%	423	4,919	219,6
	r. bekleidet	21,0	24,3						357	4,180	220,2
2	l. nackt	18,3	23,6	19,1	19,4	749,1	749,0	73—73%	553	6,761	212,1
	r. bekleidet	19,0	22,8						468	5,630	195,9
3	l. nackt	18,2	23,2	18,7	19,1	748,3	748,3	75—74%	575	6,946	244,6
	r. bekleidet	18,2	22,9						496	5,934	248,9

Daraus folgt:

Wärmeabgabe des nackten Armes im Mittel	des bekleideten im Mittel	Abfall in %
6,208 Cal.	5,248 Cal.	—15,5.

Daran schlossen sich die Versuche mit gestärktem Aermel.

Aus diesen Werthen müssen jene mit Durchfeuchtung des Aermels ausgeschlossen werden; sodann verbleibt als Wärmeabgabe:

Nackt	bekleidet	Abnahme	
7,340	6,859	93,4	89,6
6,332	5,630	89,0	
7,243	6,017	83,0	
6,797	6,313	92,9	

Tabelle IV.

Baumwolle, gestärkt.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation in Litern
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
1[2]	l. nackt	24,6	29,0	25,5	25,5	745,1	745,1	62—62%	443	5,973	260,2
	r. bekleidet	25,0	29,5						436	6,017	251,3
2[2]	l. nackt	25,0	29,0	25,4	25,2	745,1	745,4	58—61%	331	4,915	201,4
	r. bekleidet	25,0	29,4						337	5,172	229,7
3	l. nackt	18,8	23,9	20,6	20,9	746,8	746,8	70—71%	569	7,310	199,8
	r. bekleidet	19,3	24,0						533	6,859	217,4
4[1]	l. nackt	21,0	25,3	21,1	21,6	746,9	747,1	73—73%	488	5,448	213,3
	r. bekleidet	20,3	26,0						518	6,158	229,0
5	l. nackt	19,4	23,8	19,9	20,9	746,9	746,9	73—72%	629	6,332	244,8
	r. bekleidet	19,4	24,6						580	5,630	248,8
6	l. nackt	17,2	21,6	17,7	18,4	750,5	750,5	71—72%	631	7,243	221,1
	r. bekleidet	17,4	21,8						552	6,017	197,7
7	l. nackt	19,5	23,6	20,1	20,4	750,2	750,2	53—56%	540	6,797	216,7
	r. bekleidet	19,5	24,6						509	6,313	213,4

1) Condensation. — 2) In den Aermeln vereinzelte durchschwitzte Stellen.

Die mittlere Temperatur war 19,8° C.; die mittlere Feuchtigkeit 65,9 %.

Will man diesen Versuchen jene noch beifügen, bei denen nachweislich eine leichte Durchnässung des Aermels durch Schweiss stattgefunden hat, so hätte man:

Nackt	bekleidet	Zunahme	
5,972	6,017	100,8	103,0
4,915	5,172	105,2	
5,448	6,158	113,0	

Die mittlere Temperatur war 24,0° C., die Feuchtigkeit 65,2 %.

An einer anderen Person wurden folgende Versuchsreihen angestellt.

Tabelle V.
Baumwollenärmel, gestärkt.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstroms		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ausschlag	Wärme durch Strahlung und Leitung	Ventilation in Litern
		vor	nach	vor	nach	vor	nach				
1[1]	l. nackt	14,8	19,9	14,8	15,3	739,5	739,5	73—74%	648	8,166	202,5
	r. bekleidet	14,9	19,1						546	6,482	183,7
2	l. nackt	15,3	21,0	15,5	15,8	739,5	739,4	75—75%	593	7,685	200,7
	r bekleidet	15,4	19,4						516	6,468	213,8
3[1]	l. nackt	16,2	21,3	15,7	15,9	740,1	739,7	76—75%	524	6,455	233,2
	r. bekleidet	15,6	19,6						446	5,219	246,1
4[1]	l. nackt	15,0	19,7	14,6	14,8	739,5	739,5	73—73%	540	7,132	219,2
	r. bekleidet	14,5	18,6						458	5,823	253,4
5[2]	l. nackt	12,3	17,5	12,8	13,8	740,4	740,0	77—74%	812	9,366	180,5
	r. bekleidet	12,0	17,2						761	8,640	180,7

1) Person IV. — 2) Condensation.

Daraus leitet sich ab:

Nackt	bekleidet	Abnahme	
8,166	6,482	79,3	
7,685	6,468	84,1	
6,455	5,219	80,8	83,3
7,132	5,823	81,6	
9,366	8,640	91,1	

Die mittlere Lufttemperatur betrug bei diesem Versuche 14,6° C., bei 74,5% relativer Feuchtigkeit.

Die Ergebnisse waren demnach wechselnd und offenbar abhängig von der Grösse der Wasserdampfabgabe, die ihrerseits wieder abhängig von der Temperatur des Zimmers gewesen ist. Zur leichteren Uebersicht mögen die drei Reihen zusammengestellt sein:

Temperatur	Feuchtigkeit	Zu- oder Abnahme der Wärmeabgabe in Proc.
I. 24,0	65,2	+ 3,0
II. 19,8	65,9	— 11,4
III. 14,6	74,5	— 16,6
	Ungestärkt	— 15,5.

Bei etwa 20° stellte demnach der gestärkte Aermel bereits ein Hindernis für die Wärmeabgabe dar, er wurde feucht und steigerte dadurch die Möglichkeit der Wärmeabgabe.

Der ungestärkte Aermel hatte ergeben bei 19,8° und 73,6% Feuchtigkeit — 15,5%, d. h. er war bei dieser Temperatur weit günstiger für die Wärmeersparnis. Die Versuche zeigen wieder die Nothwendigkeit permeabler Stoffe für die Kleidung.

Der gestärkte Stoff bringt bei niedriger Lufttemperatur eine gewisse Wärmesparung zu Stande; mit zunehmender Lufttemperatur wird aber das Stärken eine sehr unzweckmässige Einrichtung. Es wird das Wasser unter dem Stoff zurückgehalten, derselbe sehr feucht, so dass mehr Wärme nach Aussen abgegeben wird, als von dem trockenen unbekleideten Arm.

Im Wesentlichen ist die Wirkung des gestärkten Stoffes auf die Hemmung der Kleidungsventilation und den Einschluss stagnirender Luft zu beziehen.

Calorimetrische Versuche am menschlichen Arme bei nasser Kleidung.

Von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Wärmedurchgang bei Benetzung der Stoffe.

Nachdem für die trocknen Kleidungsstoffe sowohl die rein physikalischen Eigenschaften, wie auch ihr physiologisches Verhalten geprüft worden ist, erübrigt es noch, im Anschluss an das Studium der physikalischen Eigenschaft feuchter Stoffe, die Veränderungen kennen zu lernen, welche in der Wärmeabgabe von der Haut durch feuchte Stoffe hervorgerufen werden.

Des Beweises, dass ein nasser Stoff mehr Wärme durchtreten lässt, bedarf es hier wohl nicht; aber die Art und Weise des Durchtrittes und die quantitativen Beziehungen sind es, die in erster Linie des Interesses stehen. Den ersten messenden Versuch in dieser Richtung habe ich durch Dr. Rumpel in meinem Laboratorium ausführen lassen.

Die Durchführung von Experimenten begegnet erheblichen Schwierigkeiten insofern als der Erfolg solcher nicht nur von der Stoffart und der Einwirkung des Armes auf die Bekleidung, sondern von den verschiedenen äusseren Bedingungen für die Wärmeabgabe, die sehr wechselnd sein können, abhängig ist. Es ist also in erster Linie unsere Aufgabe, diese äusseren

Bedingungen: Ausstrahlung, Windbewegung, Verdunstung, Temperatur thunlichst gleichmässig zu gestalten. Bezüglich der Temperatur und Windbewegung ist es leicht der Aufgabe zu genügen. Für die Strahlung herrschen auch zuversichtlich gleichartige Verhältnisse, da die zur Verwendung genommenen Stoffe bereits im trockenen Zustande gleiche Strahlungscoëfficienten besitzen. Die Verdunstung suchte ich möglichst gleichartig zu machen, indem der Calorimeterraum eine nur mässige, in allen Fällen fast gleich grosse Ventilation erhielt. Die Letztere ganz zu unterbrechen, wäre nicht rathsam gewesen, da alsdann uncontrollirbare Wärmeverluste des Calorimeters, sowie allzustarke Condensation an dessen Wandungen hätten eintreten können.

Insoweit also unter Einhaltung der obengenannten Bedingungen sich Ungleichheiten in der Wärmeabgabe zeigten, waren dieselben zurückzuführen auf die Rückwirkung der benetzten Stoffe auf den menschlichen Arm. Bei diesen Experimenten kam die Feuchtigkeit der Stoffe nach zwei Richtungen hin in Betracht, einmal in ihrem Einfluss auf die Änderung des Leitungsvermögens, dann aber auch in ihrer Rückwirkung auf die elastischen Eigenschaften und das von ihr abhängige Anlegen des benetzten Stoffs an die Haut des Armes.

Das Experiment gibt uns also in letztgedachter Hinsicht über eine Eigenschaft, die in anderer Weise als am Lebenden, gar nicht zu prüfen ist, Aufschluss.

Über die Art der Wärmemessung habe ich dem in der vorhergehenden Abhandlung Gesagten nichts hinzuzufügen. Betreffs der Wasserverdunstung aber möchte ich bemerken, dass ich die befeuchteten Stoffe vor und nach dem Versuch wog; der Gewichtsverlust wurde unter Anrechnung und Abzug der Verdunstung eines ausserhalb des Calorimeters bleibenden Theiles der Ärmel als Wasserabgabe im Calorimeter angenommen. In einigen Fällen wurde die Wasserdampfbestimmung auch mittelst direkten Auffangens des Wassers in Schwefelsäure - Bimssteinkölbchen ausgeführt.

Als Versuchsmaterial dienten dieselben Stoffe, die ich auch im trockenen Zustande schon geprüft hatte.

Wollflanell.

Wollflanellärmel wird benetzt und dann gut ausgedrückt; trocken wiegt er 46,0 g, feucht 126,5—129,5 g. Für 1000 g trocken sind 1771 g Wasser aufgenommen worden. Trocken hat solcher Flanell 92,3 Volumtheile Luft und 7,7 Raumtheile Wollsubstanz; bei der Benetzung kommen 18,6 Raumtheile Wasser hinzu. Auch im benetzten Zustande haben also nur ein Theil der Poren ihren Luftgehalt eingebüsst. Die Ergebnisse von vier Versuchen enthalten beide nachstehende Tabellen:

Tabelle I.

Wollflanell, feucht.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l
		vor	nach	vor	nach	vor	nach		
1	l. nackt r. bekleidet	18,8 19,0	22,8 25,0	—	—	744,8	745,1	—	159,7 165,9
2	l. nackt r. bekleidet	19,0 19,0	23,6 25,1	—	—	745,1	745,5	—	153,3 157,5
3	l. nackt r. bekleidet	20,4 21,4	24,8 26,6	21,9	22,2	748,5	749,0	56—56	286,8 249,9
4	l. nackt r. bekleidet	21,1 22,0	25,6 27,3	22,3	22,3	749,0	749,0	54—56	206,0 212,4

Tabelle II.

Wollflanell, feucht.

Nr.	Nackter Arm Wärme	Feuchte Bekleidung			
		Wärme durch Strahlung und Leitung	Wasserverd. im Calor.	Wärmeabgabe durch Verdampfung	Calorien im Ganzen
1	6,728	8,324	2,53	1,53	9,84
2	6,966	8,907	2,43	1,46	10,36
3	6,117	7,060	4,10	2,46	9,52
4	5,256	6,214	3,74	2,24	8,46

Die Wärmeabgabe ist also durch die Benetzung, obschon die Verdunstung auf ein Minimum eingeschränkt wurde, erheblich

gesteigert; es wird also Strahlungs- und Leitungsverlust stark vermehrt worden sein. Auch aus der Erwärmung der Calorimeterluft erkennt man den vermehrten Wärmedurchgang durch den benetzten Stoff; der Temperaturüberschuss des Abstromthermometers über das Einstromthermometer betrug:

	Arm nackt	feuchte Kleidung
	4,0 °	6,0 °
	4,6 °	6,1 °
	4,4 °	5,2 °
	4,5 °	5,3 °
Mittel	4,4 °	5,6 °.

Die Mehrung des Wärmeverlustes bei feuchter Bekleidung beträgt +44,3 % gegenüber dem nackten Arme; sie wäre noch bedeutender gewesen, wenn nicht das Calorimeter, in welchem der mit feuchten Stoffen bekleidete Arm sich befand, um 1,2° wärmer gewesen wäre als das Calorimeter für den nackten Arm. Andererseits ist zu bemerken, dass vorläufig die Wärmebindung durch Wasserverdampfung bei dem nackten Arm ausser Rechnung bleibt.

Wollentricot.

Der Ärmel wiegt 89,2 g, lufttrocken und feucht im Mittel 195,6 g, nimmt also für 1000 Theile Substanz 1191 g Wasser auf. 100 Volumtheile trockenen Stoffs bestehen aus 86,3 Theilen Luft und 13,7 Theilen fester Substanz, im benetzten Stoff sind 19,3 Raumtheile Wasser. Die Ergebnisse der Experimente führen die Tabellen III und IV auf S. 298 auf.

Die mittlere Erwärmung der Calorimeterluft betrug beim nackten Arm 4,6° über die Wärme der einströmenden Luft, beim Calorimeter, in welchem sich der nassbekleidete Arm befand, war die Wärme um 6° gestiegen. Der Gesammtwärmeverlust bei nasser Bekleidung war um 33,8 % grösser als die Wärmeabgabe eines nackten Armes (ausschliesslich dessen Wasserverdampfung).

Tabelle III. **Wollentricot, feucht.**

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes vor	Temperatur des Abstromes nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l
1	l. nackt r. bekleidet	17,8 17,8	22,8 24,0	—	—	745,2	744,5	—	159,9 139,8
2	l. nackt r. bekleidet	17,8 18,1	22,4 24,5	—	—	747,4	747,4	—	166,8 167,9
3	l. nackt r. bekleidet	19,4 19,4	24,1 26,0	20,0	20,8	748,3	748,2	71—65	286,0 254,7
4	l. nackt r. bekleidet	20,3 20,5	24,8 26,3	21,2	21,4	748,1	748,4	67—61	201,9 211,5

Tabelle IV. **Wollentricot, feucht.**

Nr.	Nackter Arm Wärme d. Leitung u. Strahlung	Feuchte Bekleidung: Wärme durch Strahlung und Leitung	Wasserverd. im Calor.	Wärmeabgabe durch Verdunstung	Calorien im Ganzen
1	8,79	9,56	2,06	1,24	10,80
2	9,24	10,23	2,35	1,51	11,74
3	5,89	6,66	3,61	2,17	8,82
4	6,21	7,07	3,16	1,90	8,96

Seidentricot.

Der Armel wiegt trocken 86,8 g; benetzt 201,5 g. Er nimmt für 1000 Theile Trockengewicht 1321 Theile Wasser auf. 83,2 % Raumtheile sind Luft, 16,8 Raumtheile feste Substanz. Bei Durchnetzung sind 28,8 Raumtheile mit Wasser gefüllt. Über den Wärmedurchgang geben Tabellen V und VI Aufschluss.

Tabelle V. **Seidentricot, feucht.**

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes vor	Temperatur des Abstromes nach	Zimmertemperatur vor	Zimmertemperatur nach	Barometer vor	Barometer nach	Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l
1	l. nackt r. bekleidet	18,2 18,2	21,6 24,0	18,4	18,7	751,4	751,2	56—59	196,2 192,7
2	l. nackt r. bekleidet	15,7 15,9	20,6 22,7	15,9	16,8	751,4	751,2	69—70	140,0 142,0
3	l. nackt r. bekleidet	18,5 18,5	22,4 25,0	19,0	19,3	750,9	750,9	52—55	214,0 216,6

Tabelle VI.

Seidentricot, feucht.

Nr.	Nackter Arm Wärme d. Leitung u. Strahlung	Feuchte Bekleidung: Wärme durch Strahlung und Leitung	Wasserverd. im Calor.	Wärmeabgabe durch Verdunstung	Calorien im Ganzen
1	8,53	9,14	2,47	1,48	10,63
2	5,55	7,66	2,78	1,67	9,33
3	7,43	9,10	3,93	2,36	11,46

Der Wärmeüberschuss betrug im Calorimeter mit nacktem Arm 3,7° bei dem feucht bekleideten Arm 5,8°. Die Gesammtwärmeabgabe ist gegenüber dem nackten Arm um 46,0% gestiegen. Seidentricot legt sich dem Arme sehr enge an.

Baumwollentricot.

Der Ärmel wiegt 95,6 g lufttrocken, benetzt 171,8 g. Auf 1000 Theile Trockensubstanz wurden 798 Theile Wasser festgehalten. 84,7 Raumtheile des trockenen Stoffs bestehen aus Luft, 15,3 Theile aus fester Substanz. Nach der Benetzung sind 20,7 Raumtheile Wasser vorhanden. Der Baumwollentricot verliert bei der Durchnetzung seine Elasticität und legt sich fest an den Arm an. Über die Versuche geben die Tabellen VII und VIII Aufschluss.

Tabelle VII.

Baumwollentricot, feucht.

Nr	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes vor	nach	Zimmertemperatur vor	nach	Barometer vor	nach	Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l
1	l. nackt	18,0	22,4	--	—	749,0	749,0	—	129,2
	r. bekleidet	18,0	24,7						137,9
2	l. nackt	18,2	22,8	—	—	749,0	749,0	—	156,6
	r. bekleidet	18,5	24,1						131,0
3	l. nackt	18,8	23,4	19,4	20,4	749,9	749,9	64—65	317,3
	r. bekleidet	19,2	26,4						273,4
4	l. nackt	20,8	24,4	21,2	21,4	749,8	749,8	57—59	267,3
	r. bekleidet	21,1	26,7						233,8

Tabelle VIII
Baumwollentricot, feucht.

Nr.	Nackter Arm Wärme d. Leitung u. Strahlung	Feuchte Bekleidung			
		Wärme durch Strahlung und Leitung	Wasserverd. im Calor.	Wärmeabgabe durch Verdunstung	Calorien im Ganzen
1	8,29	9,75	2,18	1,31	11,06
2	7,06	9,12	1,90	1,16	10,28
3	6,56	7,26	4,28	2,57	9,83
4	5,64	6,92	3,81	2,28	9,20

Die Ventilationsluft des Calorimeters für den nackten Arm war um 4,0°, diejenige bei dem bekleideten Arm um 6° wärmer als der Einstrom, der Wärmeverlust des Armes mit feuchter Kleidung war um 57,9% gestiegen.

Nach der Mittheilung der Ergebnisse soll ein Vergleich der einzelnen Stoffe angestellt werden; die äusseren Bedingungen der Experimente waren sehr gleichartig.

Es betrug:

	die Temperatur in Graden	die Ventilation in Litern
Flanell	20,3	196,4
Wollentricot	19,0	193,5
Seidentricot	18,0	203,0
Baumwollentricot	19,0	194,0.

Über den innern Aufbau der trockenen und feuchten Stoffe gibt nachstehende Tabelle Aufschluss, die ich auf Grund der direkten mit den Stoffen ausgeführten Messungen berechnet habe.

Tabelle IX.

Stoff	Trocken		Benetzt				
	spec. Gew.	Poren-vol.	feste Subst.	Wasser[1]	Summe beider	Vol. beider	Porenvol. mit Luft
Flanellwolle	0,105	92,3%	10,5	18,6	29,1	26,6	73,4
Tricotwolle	0,179	86,3 "	17,9	19,3	37,2	33,0	67,0
Tricotseide	0,219	83,2 "	21,9	28,8	50,7	45,6	54,4
Tricotbaumwolle	0,200	84,7 "	20,0	16,0	36,0	35,4	64,6

1) 100 Theile Flanellwolle wiegen benetzt 2771, Tricotwolle 2070, Tricotseide 2320, Tricot-Baumwolle 1800 g.

Die in den Stoffen eingeschlossenen Wassermengen sind nicht so gleichartig gewesen, wie man sie heutzutage, wo das Leitungsvermögen der Gewebe näher bekannt ist, wünschen möchte. In bemerkenswerthem Grade ist aber nur der Wassergehalt der Seide den andern Stoffen gegenüber erhöht; damit muss man auch im täglichen Leben rechnen. Trotz der Benetzung sind alle Stoffe erheblich luftdurchgängig, wie der letzte Stab der Tabelle darthut.

Bei der **Benetzung** ist der **Wärmedurchgang** gestiegen gegenüber einem nackten Arm:

bei Flanell um . .	44,3 %
Tricot-Wolle um . .	33,8
Tricot-Seide um . .	46,0
Tricot-Baumwolle um	57,9

Es sind also Unterschiede im Wärmedurchgangsvermögen der benetzten Stoffe vorhanden; von den drei gleichgearbeiteten Stoffen lässt Tricotwolle am wenigsten, Seide mehr, Baumwolle am meisten Wärme durch. Die Unterschiede sind so beträchtlich, dass über dieses allgemeine Resultat kein Zweifel sein kann. Aus dem verschiedenen Wassergehalt der Stoffe lässt sich dies Resultat aber nicht erklären. Denn Seide ist weit wasserhaltiger als die Baumwolle gewesen, und auch Tricotwolle schloss mehr Wasser als die Baumwolle ein. Gewiss spielt also die Art der Grundsubstanz dabei eine Rolle.

Zur Erklärung dieser Ungleichheiten muss sicher aber auch die ungleiche Elasticität der Stoffe mit herangezogen werden. Die Wolle hat in dieser Hinsicht einen ganz entschiedenen Vorzug, indem sie bei derartiger Benetzung wenig an Elasticität einbüsst und nur locker der Haut sich auflegt. Man darf aber dies von mir gewonnene Resultat keineswegs beliebig verallgemeinern. Nicht für Wolle, Seide, Baumwolle gelten diese Zahlen, sondern ausschliesslich für die von mir untersuchte Webweise, die allerdings für die Unterkleidung ganz hervorragende Bedeutung hat. Dass die Bearbeitungsweise einen Einfluss besitzt, zeigt ein Vergleich von Flanell und Tricot. Der Vergleich fällt zu Gunsten des Tricotgewebes aus.

Ehe wir den Schlussfolgerungen noch weiter nachgehen, sind noch einige andere Experimente hier anzuführen.

Der Concurrent aller neueren Gewebe für die Unterkleidung ist immer noch das übliche zumeist gestärkte Leinen- oder Baumwollhemd, für dessen Übelstände, die vorhergehende Abhandlung einige wichtige Beweise erbracht hat. Wir haben erwiesen, dass ein solcher Stoff in trockenem Zustande durch seine Steife und Ungefügigkeit sehr reichlich Luft einschliessen und wärmehaltend wirken kann.

Im benetzten Zustande ändern sich aber die Eigenschaften sehr wesentlich; alle Poren schliessen sich für die Luftcirculation, die Elasticität verliert sich. Die Falten des Gewebes brechen zusammen. Die wärmehaltende Luftschicht zwischen Haut und Hemdstoff schwindet. Welche Ergebnisse zeigt uns das Experiment mit einem derartigen feuchten Stoff?

Tabelle X.
Feuchte Baumwolle.

Nr.	Bezeichnung	Temperatur des Abstromes		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit in %	Ventilation in l
		vor	nach	vor	nach	vor	nach		
1	l. nackt r. bekleidet	20,8 21,4	25,0 27,0	21,6	21,6	748,0	748,0	71—74	218,3 171,4
2	l. nackt r. bekleidet	20,8 20,8	24,7 27,0	21,7	21,6	748,0	748,2	71—74	298,6 275,1

Tabelle XI.
Glatter Baumwollstoff, feucht.

Nr.	Nackter Arm Wärme d. Leitung u. Strahlung	Feuchte Bekleidung: Wärme durch Strahlung und Leitung	Wasserverd. im Calor.	Wärmeabgabe durch Verdunstung	Calorien im Ganzen
1	6,49	8,92	2,08	1,25	10,17
2	4,63	7,00	3,46	2,18	9,18

Während also die glatt gewebten dünnen Stoffe, so lange sie trocken sind, einen nicht unerheblichen, ja für die angewendete Dicke sogar bedeutenden Wärmeschutz gewähren, sind sie

benetzt im höchsten Grade durch den hohen Wärmeverlust, den sie uns bereiten, unangenehm.

Tricotwolle, nass, erhöht den Wärmeverlust nur um 33,8 % gegenüber nackter Haut.

Die nasse Baumwolle glatt gewebt aber um 73,9 %, also um das Doppelte.

Diese Thatsache macht es uns auch begreiflich, warum wir wesentliche Unterschiede im Bekleidungswerth der Stoffe machen. Nicht die Eigenschaft im trockenen Zustande, sondern zumeist die Eigenschaften im nassen Zustande bedingen die Auswahl.

Wenn man wissen will, welchen nachtheiligen Einfluss die Durchnässung von Kleidungsstoffen auf den Wärmedurchgang besitzt, so muss man untersuchen, um wie viel der Wärmeverlust bei Durchnetzung der trockenen Kleidung zunimmt. Wir haben bis jetzt immer nur die feuchte Kleidung mit der Wärmeabgabe des trockenen nackten Armes verglichen. Den gewünschten Vergleich kann man aus meinen früheren Untersuchungen mit trockenen Kleidungsstoffen und dem eben Mitgetheilten mit nassen Stoffen leicht durch Rechnung ableiten.

Wenn man die Wärmeabgabe des unbekleideten Armes = 100 setzt, so ist die Wärmeabgabe:

Tabelle XII.

bei trockner Bekleidung [1])	% [5])	bei feuchter Bekleidung	%	Demnach trockene Kleidung zu feuchter
Wollflanell [2])	80,8	Wollflanell [2])	131,7	163,0
Wollentricot [2])	79,8	Wollentricot [2])	124,0	155,4
Seidentricot [2])	83,0	Seidentricot [2])	134,7	162,3
Baumwollentricot [2])	83,0	Baumwollentricot [2])	144,4	174,0
Glatte Baumwolle [3])	83,3 [4])	Glatte Baumwolle [3])	157,0	188,5

1) Die Wasserdampfabgabe ist hier bei dem Arm und bei der Bekleidung vernachlässigt. — 2) Annähernd gleicher Dicke = 3—4 mm. — 3) Eine Lage Stoff = 0,2 mm. — 4) Diese Versuche sind a. O. veröffentlicht worden. — 5) Archiv für Hygiene, Bd. XXV, S. 252 ff.

Vorstehende Tabelle enthält alle für einen Vergleich nothwendigen Grundlagen; besonders betonen möchte ich die geringen

Differenzen bei den trockenen und die grossen Differenzen bei den feuchten Stoffen.

Die Resultate dürfen, was ihre Zahlen anlangt, nicht auf Stoffe beliebiger Dicke verallgemeinert werden, aus Gründen die ich a. O. näher auseinander gesetzt habe. Die Zahlen geben gewissermaassen einen Ausdruck für die Excesse des Klimas in der Kleidung. Die Schwankungen sind im Wollentricothemd am geringsten, im Baumwollenhemd am grössten gewesen.

Eine nicht uninteressante Zusammenstellung ergibt sich, wenn man noch die einzelnen Wege der Wärmeabgabe in Betracht zieht. Für einige Fälle wurde auch bei nacktem Arm die Wasserdampfabgabe bestimmt; wir fanden sie sehr constant, wie dies ja auch die neueren Versuche von Dr. Nutall in meinem Laboratorium für die gesammte Hautfläche des Menschen erwiesen haben. Die Menge betrug in diesen Experimenten für den Arm rund 0,6 Cal. pro Stunde. Dieser Werth wäre demnach der Wärmeproduction, welche durch das Calorimeter gemessen wird, hinzu zu zählen. Dann hat man Folgendes:

Tabelle XIII.

Arm	Calor. durch Leitung u. Strahlung	Calorien im Ganzen	Feuchte Bekleidung aus	Calor. durch Leitung u. Strahlung	Calorien im Ganzen	Die Strahlung u. Leitung ist vermehrt um	Die Gesammtwärmeabgabe ist vermehrt um
Nackt	6,27	6,87	Wollflanell . . .	7,63	9,05	+ 21,5%	+ 31,7%
»	7,53	8,13	Wollentricot . .	8,38	10,08	+ 11,3 »	+ 24,0 »
»	7,17	7,77	Seidentricot . . .	8,63	10,47	+ 20,3 »	+ 34,7 »
»	6,39	6,99	Baumwollentricot .	8,51	10,09	+ 33,2 »	+ 44,4 »
»	5,56	6,16	Glatte Baumwolle[1].	7,96	9,67	+ 43,1 »	+ 57,0 »

1) Einfache Lage; die übrigen Stoffe sind fast gleich dick.

Die Versuche zeigen, dass in allen von mir untersuchten Fällen die Wärmeabgabe bei durchnetzter Kleidung hinsichtlich Strahlung und Leitung dem nackten Arme gegenüber gesteigert ist. Die trockene Haut gibt weniger Wärme ab, als die von einem benetzten Kleidungsstücke überlagerte.

Diesen Satz zu verallgemeinern ist aber nicht erlaubt; die Versuche am menschlichen Arme stehen auch in keinem Gegensatze zu den Beobachtungen der Wärmestrahlung benetzter Stoffe, (s. Bd. XXV, S. 77) bei welchen ich eine Verminderung der Strahlung mittels galvanometrischer Messung darlegen konnte. Der nachfolgende Abschnitt über den Einfluss der Luftgeschwindigkeit wird die nöthige Erklärung und Erläuterung bringen.

Die Benetzung der Kleidungsstoffe mit Wasser führte bei den von uns eingehaltenen Lufttemperaturen zu einer Röthung der Haut, zu stärkerer Injection und diese letztere bedingt offenbar die Steigerung des Wärmeabflusses nach Aussen.

In den Schlussfolgerungen wird man sich naturgemäss eine gewisse Reserve auferlegen müssen. Alle Versuche sind bei sommerlicher Temperatur bei 18—24 ° C. angestellt worden; sie entsprechen also jenen Bedingungen, unter denen bei dem Menschen am häufigsten die Durchnässung der Kleidung durch Schweiss eintritt. Das Trocknen der Kleidung am Leibe, wie es sich sozusagen in unseren Versuchen vollzieht, wird man bei niederen Temperaturen nicht ausführen können.

Wie also bei sehr niedrigen Temperaturen das Tragen nasser Beleidung wirkt, vermag ich auf Grund von Experimenten nicht anzugeben; die Frage hat auch nur untergeordnete Bedeutung und wäre mit den von mir benützten Personen und Hilfsmitteln nicht zu lösen gewesen.

Verdunstung und Luftbewegung.

Wenn schon, wie ich mehrfach betont habe, die Rückwirkung der Luftbewegung auf Wärmeabgabe und Verdunstung ausserhalb des Rahmens dieser Untersuchungen liegt, und besonderen Veröffentlichungen über dieses Thema vorbehalten bleibt, so kann ich mir doch nicht versagen, hier noch ein Experiment anzureihen, welches ein gutes orientirendes Bild über die durch vermehrte Luftbewegung bedingte Veränderungen gibt [1]).

1) Bezügl. der physikal. Bedingungen siehe dieses Archiv, Bd. XXV, S. 84.

Ich habe von der Versuchsperson an beiden Armen gleichmässig mit Wasser benetzte Aermel von Wollflanell tragen lassen, und das eine Calorimeter in üblicher Weise ventilirt, das andere dagegen zehn Mal so lebhaft. In einem weiteren Experimente trug die Versuchsperson die feuchten Aermel im Freien, unter solchen Bedingungen, wie sie hinsichtlich Wärme und relativer Feuchtigkeit unseren Calorimeterexperimenten entsprachen.

Nachfolgende Tabelle gibt die Zahlen der calorimetrischen Versuche.

Tabelle XIV.

Wollflanell, beiderseits feucht, rechts grosse Ventilation.

Nr. und Ort		Temperatur d. Abstromes		Zimmertemperatur		Barometer		Relative Feuchtigkeit	Ventilation in Litern
		vor	nach	vor	nach	vor	nach		
1	l.	23,2	26,8	24,0	23,2	747,1	746,8	50—59 %	169,4
	r.	23,0	25,0						2374,0
2	l.	23,0	27,3	23,9	23,2	746,4	746,4	57—63 »	245,5
	r.	22,5	25,5						2401,0
3	l.	19,8	24,0	20,2	20,5	748,0	748,0	73—71 »	262,0
	r.	20,0	23,0						2421,0

Ueber die Wärmeabgabe gibt folgende Tabelle Aufschluss:

Tabelle XV.

Wollflanell, feucht.

Reihe	Ventilation in Litern pro Stunde	Wärme an das Calor.	Wärmeabgabe an die Luft	Wärmeabgabe durch Wasserverd.	Wärmeabgabe im Ganzen
1	169	7,06	0,18	1,39	8,63
	2374	3,00	1,42	7,18	11,60
2	245	6,81	0,31	2,13	9,25
	2401	2,98	2,16	10,14	15,28
3	262	6,42	0,33	1,45	8,31
	2421	2,66	2,18	6,93	11,77

Unter dem Einfluss der um das Zehnfache erhöhten Ventilation ist die Wärmeabgabe von 8,73 Cal. auf 12,88 Cal. gestiegen, sonach um rund 47 %.

Dieser zunehmende Wärmeverlust zeigt die enorme Beeinflussung der Wärmeabgabe durch die Verdunstung.

Die einzelnen Wege der Wärmeabgabe haben sich sehr ungleich verhalten, wie die nachfolgende kleine Tabelle zeigt:

Tabelle XVI.

Ventilation	Wärmeabgabe im Mittel in Calorien			Wärmeabgabe in % zum Gesammtverlust		
	an das Calorim.	an die Luft	durch Verdampfung	an das Calorim.	an die Luft	durch Verdampfung
klein	6,76	0,27	2,32	77,4	3,1	19,5
gross	2,88	1,92	8,08	22,3	14,9	62,8

Die Wärmeübertragung an das Calorimeter ist stark gesunken, weil die Temperatur der Ventilationsluft bei grosser Ventilation sinkt, obschon im Ganzen, wie sich zeigt, der Verlust durch Wärmeübertragung an die Luft erheblich ansteigt. Es ist zwar berechtigt, die bei grosser Ventilation verbleibende Wärme im Calorimeter grössten Theils auf die Wärmestrahlung zu beziehen, ohne dass man aber etwa hier ein Mittel zur Trennung von Leitung und Strahlung erblicken dürfte. Ungemein gross ist der Wärmeverlust durch Verdunstung bei grosser Ventilation geworden. Er beträgt fast ²/₃ des Gesammtwärmeverlustes bei einer Zunahme des letzteren um 47 %.

Meine Institutseinrichtungen zu Marburg, wo ich diese Experimente anstellte, erlaubten nicht, eine grössere Ventilation als die obengenannte von 2,4 cbm pro Stunde durchzuführen; auch das Calorimeter müsste für grössere Luftgeschwindigkeiten gewisse Abänderungen erleiden, um Verwendung finden zu können. Ich habe daher mich aushilfsweise des Verfahrens bedient, dass die Versuchsperson die benetzten Aermel im Freien trug, um eine stärkere Verdunstung zu erhalten. Die Person sass an einem windstillen Tage im Freien, vollkommen ruhig, wie bei einem Calorimeterversuch. Der Gewichtsverlust des Aermels gab die Wasserverdampfung. Mit dem Schaalenkreuz wurde die Luftgeschwindigkeit gemessen.

Tabelle XVII.
Wasserabgabe vom Wollflanell.
(Mittelwerthe.)

Ort des Versuchs	Temperatur	Relative Feuchtigkeit	Luftgeschwindigkeit in Metern pro Sec.	Verdampftes Wasser pro 1000 qcm Fläche	Zunahme der Luftgeschw.	Zunahme der Verdampfg.
im Calor. . .	23—27°	50—71 %	0,0017	[1]) 2,48	1	1
» » . .	23—27°	50—71 »	0,0170	[2]) 11,64	10	4,7
im Freien . .	24—25°	50 »	0,9800	[3]) 20,60	576	8,8

Eine Zusammenstellung über die Beziehung von Luftgeschwindigkeit und Wasserverdampfung gibt die obenstehende Tabelle. Bei der kleinen Ventilation bleibt zu berücksichtigen, dass die im Apparate eintretende hohe Spannung des Dampfes die Abgabe des Wassers niedrig gehalten hat. Bei dem Versuche im Freien ist sicher das Sinken der Temperatur der verdunstenden Fläche ein Hindernis für die Verdunstung. Die Versuche zeigen auf das Allerbestimmteste, dass die Verdampfung der Luftgeschwindigkeit nur sehr langsam folgt. Hinsichtlich der Wärmeentziehung von trockenen Kleidungsstoffen und von der Haut hat die Vermehrung der Luftbewegung, wie a. O. gezeigt worden ist, eine ähnliche Bedeutung.

Es ist anzunehmen, dass bis auf nicht belangreiche Differenzen Versuche mit anderen benetzten Stoffen den berichteten Experimenten gleichartige Ergebnisse ergeben hätten. Darauf weisen einige Erfahrungen hin, welche ich bei freier Verdunstung mit den zu den vorstehenden Versuchen benützten Aermeln gemacht habe.

1) 2,76 g Wasser auf 1116,5 qcm Fläche.
2) 13,00 g Wasser auf 1116,5 qcm Fläche.
3) Verdunstende Fläche = 2233,2, abgegeben 46,0 g Wasser.

Das Wasser der Mosel und Seille bei Metz.

Von

Dr. **M. Holz,**

Korps-Stabsapotheker.

Metz, laut amtlicher Aufnahme vom 1. October 1894 mit 47311 Einwohnern (ausgenommen die kasernirten Garnisonangehörigen), besitzt für die Beseitigung der flüssigen Abfallstoffe von Küche, Haus- und gewerblichen Anlagen eine Kanalisation, welche an verschiedenen Stellen in die Mosel und Seille mündet. Aber auch von den Fäkalien gelangt ein Theil mit den Abwässern in diese Flussläufe. Im Jahre 1882 war dieses noch bei $^1/_6$ der sämmtlichen Häuser von Metz der Fall, heute geschieht es bei mindestens ebensovielen, wenn nicht bei noch mehreren.

Die übrigen Fäkalien werden in Gruben gesammelt, welche gut cementirt sein sollen. Die Entleerung derselben geschieht auf pneumatischem Wege. Der Inhalt wird entweder gleich auf die Felder der Umgebung von Metz gefahren oder er wird mit anderen Abfällen zu Poudrette verarbeitet. Leider lässt hier dieses System der Abfuhr insofern viel zu wünschen übrig, als die Entleerung vieler Gruben nur in übergrossen Zwischenräumen stattfindet — mitunter in 7—10 Jahren nur einmal —; in vielen Häusern kennt man die Zeit der letzten Abfuhr überhaupt nicht mehr; der Grubeninhalt versickert also.

Schon seit mehreren Jahren ist daher im Gemeinderath die Anlage einer Kanalisation, welche sowohl Abwässer wie Fäkalien aus der Stadt schafft, im Prinzip beschlossene Sache. Es fragt sich nur, wo man mit diesen Abfällen hin soll.

An eine Anlage von Rieselfeldern ist bei dem schweren Boden der Metzer Umgegend nicht zu denken. Eine Leitung des Unraths in die Mosel unterhalb der Stadt erscheint ohne vorherige Reinigung nicht unbedenklich. Eine Reinigungsanlage bedingt aber grosse Bauten, Kosten und eine Verwendung der Rückstände in den Klärbassins, welche für den Stadtsäckel möglichst vortheilhaft sein soll.

Im Hinblick auf diesen Stand der Angelegenheit erschien es nicht unwichtig, erst einmal das Wasser von Mosel und Seille an verschiedenen Stellen ober- und unterhalb der Stadt längere Zeit hindurch zu untersuchen, zumal hierüber bis jetzt nichts Genaueres bekannt war.

Die Ausführung dieser Untersuchungen wurde mir durch die freundliche Unterstützung des Vorsitzenden des polytechnischen Vereins von Metz, des Kaiserlichen Bauraths Herrn Heidegger im Verlauf des vorigen Jahres ermöglicht. Die Angelegenheit kam in einer Sitzung des genannten Vereins im Herbst 1893 zur Sprache; Herr Baurath Heidegger erbot sich sofort, die Entnahme der Wasserproben an den ausserhalb der Stadt gelegenen Punkten der Mosel besorgen zu lassen und so konnte die Arbeit im Fabruar 1894 beginnen. Ueber die Ergebnisse derselben soll in Nachstehendem berichtet werden.

Bevor ich jedoch hierzu übergehe, seien einige Notizen über Mosel und Seille, einem kleinen Nebenfluss der Mosel, welcher wie später gezeigt werden wird, von nicht unwesentlichem Einfluss auf die Zusammensetzung des Moselwassers ist, gestattet.

Die Mosel (Technischer Führer durch Metz, 1894, S. 67) ist für kleine Fahrzeuge von ihrer Vereinigung mit der Meurthe bei Frouard in Frankreich bis zu ihrer Mündung in den Rhein schiffbar.

Innerhalb Deutsch-Lothringen ist das durchschnittliche Flussgefälle derselben auf einen Kilometer Länge:

oberhalb Metz, das Gefälle der Stauanlagen in der Stadt inbegriffen	0,43 m
unterhalb Metz	0,33 »
und die mittlere Breite des Flussbettes ungefähr .	120 »

Beschaffenheit der Flusssohle: Meistens beweglicher Kies, der die selten über 5 m tief unter Wasser liegenden Mergel- oder Felsschichten der Liasformation überlagert.

Die Schichten der Lias erscheinen stellenweise blossgelegt unter Wasser bei Malroy, Olgy, Hauconcourt u. s. w. Bei Berg, 49 km unterhalb Metz, ändert sich die geologische Formation; dort erscheint im Flussbette der Muschelkalk und unterhalb Sierck der Quarzit.

Die secundlichen Wasserabflussmengen der Mosel auf der Strecke Metz-Sierck, bezogen auf die nachbezeichneten Wasserstandshöhen am Pegel zu Uekingen, sind etwa wie folgt anzunehmen:

	Pegelhöhe:	Secundl. Abflussmenge:
Mittel der niedrigsten Jahreswasserstände	1,00	16 cbm,
Mittelwasserstand	1,85	110 »
Wasserstand bei bordvollem Flusse	3,30	420 »
Höchster Wasserstand . . .	5,48	1600 »

Zur Verbesserung der Schiffahrtsverhältnisse der Mosel sind seinerzeit von der französischen Verwaltung ziemlich umfangreiche Arbeiten ausgeführt worden.

Im Jahre 1860 liess dieselbe den Entwurf zu einer Kanalisirung der Mosel von Frouard bis Diedenhofen für Fahrzeuge mit 1,60 m Tiefgang aufstellen. Derselbe kam jedoch nur für die Strecke von Frouard bis Metz zur Ausführung.

Beim Ausbruch des Krieges von 1870 waren die Arbeiten von Frouard bis zur jetzigen Landesgrenze bei Novéant grösstentheils vollendet, von Novéant bis Ars begonnen. Die Fertigstellung des Restes bis Metz wurde in den Jahren 1872—1876 bewirkt.

Die Wassertiefe im Kanal bezw. in der kanalisirten Mosel ist durchweg mindestens 2 m. Von einer Weiterführung des Kanals bis Diedenhofen ist Abstand genommen worden. Von einer Handelsschifffahrt in Lothringen unterhalb Metz ist heute kaum noch die Rede.

Die Seille (Metzer Zeitung 1895 Nr. 18) ist ein kleiner Nebenfluss der Mosel, welcher im Linderweiher bei Dieuze entspringt, nach einem Ausflug in französisches Gebiet bei Cheminot wieder auf deutschen Boden gelangt und von da nach einem Lauf von 25 km bei Metz in die Mosel mündet. Kurz vor der Stadt zwischen Theobalds- und Mazellenthor theilt sich dieselbe in zwei Arme, von denen einer um einen Theil der Stadt, der zweite durch die Stadt fliesst, um hier als »Gerbergraben« unendliche Mengen von Schmutz aufzunehmen und an heissen Sommertagen die Luft zu verpesten. Beide Arme vereinigen sich kurz vor dem St. Barbarathore und münden alsbald gegenüber dem Schlachthause. Das Flüsschen legt nur 10 m in der Minute zurück.

Die Entnahme der Wasserproben aus der Mosel fand am 1. eines jeden Monats vom 1. 2. 94 ab an folgenden Stellen statt (siehe auch Faustplan):

1. An der Eisenbahnbrücke vor Longeville,

2. An der Mittelbrücke, um hier eventuell Verunreinigungen durch die Vororte Montigny und Sablon nachweisen zu können,

3. an der Friedhofsinsel gegenüber St. Eloy, woselbst sich eventuell Verunreinigungen durch die Vororte Sauvage, Ban St. Martin, Devant-les-Ponts und das Moselfort bemerkbar machen mussten;

4. vor dem Schlachthause und zwar vor der Mündung der Seille in die Mosel, um den Einfluss durch die Abwässer der Stadt nachzuweisen;

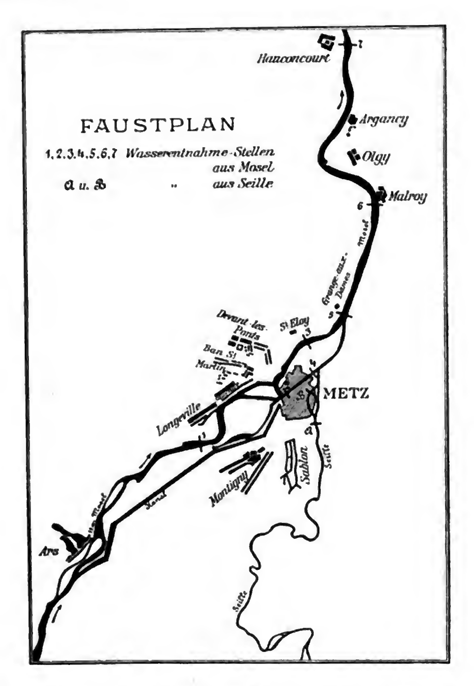
5. bei Grange aux Dames nach Vereinigung der beiden Moselarme;

6. bei Malroy und

7. bei Hauconcourt.

Entnommen wurde stets an denselben Stellen etwa 5 m vom Ufer entfernt in einer Tiefe von 0,35—0,5 m. I von II ist etwa

3,75 km entfernt, I von III 5,3 km, II von IV 0,8 km, IV von V 2,5 km, III von V 1,5 km, V von VI rund 4 km, VI von VII ebenfalls 4 km.



Die Wasserstandshöhen der Mosel zur Zeit der Probeentnahme sind in Tabelle I gegeben; die römischen Ziffern bezeichnen die Nummer der Entnahmestellen, für welche die Pegel in Betracht kommen.

Aus der Seille wurden an 2 Stellen viermal Proben geholt und zwar:

A) vor dem Eintritt derselben in die Stadt von der Brücke zwischen Theobalds- und Mazellenthor und

B) nach dem Vorbeifluss des Gerbergrabens an den Gerbereien von der Brücke vom Sandplatz aus.

An beiden Orten wurde das Wasser immer in der Mitte des Flusses in einer Tiefe von ca. 0,5 m geschöpft.

Die Untersuchung der Wasserproben erstreckte sich regelmässig auf die Bestimmungen von suspendirten Stoffen, Trockenrückstand bei 180°, Glührückstand, Chlor, Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure und organischen Substanzen. Viermal erlaubte mir die Zeit auch noch Kalk, Magnesia und Schwefelsäure zu bestimmen (gewichtsanalytisch), dreimal auch die bacteriologischen Untersuchungen auszuführen.

Bei letzteren Untersuchungen musste leider Malroy ausfallen, da die Proben von mir selbst entnommen werden mussten und es mir nicht möglich war, an einem Tage an allen 7 Stellen zu sein und rechtzeitig die Aussaaten zu machen. Es wurden von jeder Entnahmestelle ¼ und ½ ccm Wasser in Koch'sche Gelatine gebracht, in Petri'sche Schalen ausgegossen und die entwickelten Ansiedelungen am dritten Tage gezählt.

Die Untersuchungsergebnisse sind auf S. 318 u. ff. befindlichen Tabellen aufgeführt.

Aus denselben ergibt sich Folgendes:

a) Die suspendirten Stoffe sind an Entnahmestelle 1 durchschnittlich höher, wie bei 2, 3 und 4, steigen bedeutend bei Grange aux Dames, um dann schnell wieder zu fallen.

b) Die Trockenrückstände sind bereits im Wasser am Schlachthause ganz erheblich gestiegen, sind am höchsten bei Grange aux Dames, von wo sie bis Hauconcourt wieder abnehmen.

c) Der Gehalt des Wassers an Chlor, Kalk, Magnesia und Schwefelsäure ist am höchsten bei Grange aux Dames, von wo ab er alsbald auch geringer wird.

d) Anders verhält es sich mit den organischen Substanzen und mit Ammoniak. Diese sind durchschnittlich am höchsten in den Proben, die vor dem Schlachthause entnommen wurden, fallen schon bei Grange aux Dames und sind bei Hauconcourt zum Theil niedriger wie bei Entnahmestelle I; letzteres ist bei den suspendirten Stoffen auch der Fall.

e) Salpetersäure und salpetrige Säure sind im Durchschnitt gleich hoch im Wasser vor dem Schlachthause und bei Grange aux Dames; sie nehmen bis Hauconcourt auch ganz erheblich ab.

f) Die zu d) erwähnten Resultate decken sich fast mit den Ergebnissen der bacteriologischen Untersuchungen. Die meisten Mikroorganismen wurden in dem Wasser vor dem Schlachthause gefunden. Aber schon bei Grange aux Dames ist die Abnahme sehr bedeutend, obgleich noch durch den Hinzutritt des Seillewassers eine sehr grosse Menge von Bacterien der Mosel zugeführt wird.

Die Verunreinigungen organischer Natur sind also am höchsten gleich nach dem Austritt der Mosel aus der Stadt. Die grosse Zunahme der unorganischen Substanzen bei Grange aux Dames erklärt ein Blick auf die Untersuchungsergebnisse des Seillewassers; letzteres enthält sehr viel Chlor, Kalk, Magnesia und Schwefelsäure, nicht minder Unrath. (Die Verminderung des Chlorgehalts etc. in dem Wasser des Seillearmes, welcher durch die Stadt geht, dürfte durch den geringen Chlorgehalt etc. des städtischen Leitungswassers — z. B. 8,8 mg Cl. im Liter — seine Erklärung finden.)

Trotzdem es allgemein bekannt ist, dass die Seille beim Durchfliessen der Stadt ungemein viel Schmutz aufnimmt, befindet sich doch ein grosser — wenn nicht der grösste — öffentliche Waschplatz der Stadt an der Mosel, gleich nach der Mündung der Seille in diese.

Alle Untersuchungen zeigen, dass sich die Verunreinigungen des Wassers der Mosel nach dem Verlassen der Stadt Metz schon in kurzer Zeit bedeutend verringern.

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Baurath Heidegger, welcher den grössten Theil der Wasserproben besorgte, mich auch sonst mit Rath und That unterstützte und Herrn Wasserbau-Inspector Schmitt, welchem ich die Moselpegel verdanke, an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

I. Wasserstände der Mosel.

An den Pegeln	1. II. 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
II. Metz, Stadtschleuse, oberhalb	2,72	2,90	2,62	2,54	2,68	2,55	2,40	2,50	2,60	2,66	2,65	2,68
III. Metz, Todtenbrücke	2,50	2,91	2,00	2,00	2,28	2,10	1,60	1,90	2,08	2,50	2,12	2,18
IV. Metz, Stadtschleuse, unterhalb . . .	2,30	2,38	1,90	2,43	2,70	1,70	2,08	1,90	2,18	2,20	2,27	2,10
VI. Malroy	1,79	2,16	1,48	1,42	1,65	1,32	1,30	1,32	1,55	1,90	1,60	1,58
VII. Olgy	2,08	2,30	1,78	1,70	1,90	1,38	1,60	1,58	1,85	2,06	1,88	1,96

II. Im Liter Moselwasser waren enthalten Milligramm:

1. An der Eisenbahnbrücke bei Longeville.

Am	1. II. 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe . .	7	34	15	18	21	8	10	4	2	8	6	9
Trockenrückstand bei 180°	312	240	348	412	368	332	492	328	428	216	256	332
Glührückstand	280	220	308	336	280	284	420	296	360	176	212	276
Glühverlust	32	20	40	76	88	48	72	32	68	40	44	56
Chlor	55	35,5	86,9	90,5	72,7	81,7	149,1	97,6	117,2	31,9	65,7	63,9
Ammoniak	Spur	0	0	0	minimale Spur	geringe Spur	0	0	Spur	0	0	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0	Spur	geringe Spur	Spur	0	0	Spur
Salpetrige Säure . . .	0	0	geringe Spur	0	viel	viel	Spur	geringe Spur	Spur	geringe Spur	Spur	geringe Spur
Organische Substanzen, d. h. Kal. perm. verbraucht für 100 000 Theile Theile Wasser . . .	1,564	1,720	1,470	1,394	1,507	1,840	1,820	1,437	1,358	1,748	1,276	1,417
Kalk	—	90	—	—	—	—	—	—	98	58	—	88
Magnesia	—	13,7	—	—	—	—	—	—	19,5	10,1	—	12,3
Schwefelsäure	—	30,9	—	—	—	—	—	—	59,7	28,8	—	89,8

2. An der Mittelbrücke.

Am	1. II. 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	12	35	5	9	15	9	7	2	10	12	2	2
Trockenrückstand bei 180°	272	276	348	452	300	296	568	324	436	176	256	272
Glührückstand	208	208	296	336	236	244	480	248	356	160	220	208
Glühverlust	64	68	52	116	64	52	88	76	80	16	36	64
Chlor	37,3	26,6	86,9	111,9	67,5	81,7	186,4	97,6	126	31,9	65,7	56,8
Ammoniak	geringe Spuren	geringe Spuren	0	0	0	geringe Spuren	0	0	Spur	0	geringe Spuren	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0	0	Spur	Spur	0	Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	0	0	minimal. Spur	Spur	Spur	viel	viel	geringe Spur	0	0
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,483	2,280	1,439	1,314	1,507	1,658	1,738	1,610	1,706	1,654	1,154	0,945
Kalk	—	74	—	—	—	—	—	—	110	58	—	92
Magnesia	—	13,7	—	—	—	—	—	—	20,9	10,1	—	12,3
Schwefelsäure	—	30,9	—	—	—	—	—	—	61,1	28,8	—	39,8

3. An der Friedhofsinsel.

Am	1. II. 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	8	36	5	8	11	12	5	1	9	18	3	1
Trockenrückstand bei 180°	288	248	364	440	292	284	536	312	428	208	284	288
Glührückstand	212	200	316	374	224	220	452	236	380	176	204	244
Glühverlust	76	48	48	66	68	64	84	76	48	32	80	44
Chlor	39,5	26,6	86,9	111,9	67,5	81,7	190	97,6	117,2	31,9	65,7	56,8
Ammoniak	0	geringe Spuren	0	0	0	geringe Spur	0	0	Spur	0	geringe Spur	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0	0	geringe Spur	Spur	0	Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	0	0	viel	Spur	minimal. Spur	geringe Spur	Spur	geringe Spur	0	0
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,541	2,280	2,407	1,425	1,862	2,064	1,440	1,580	1,706	1,595	1,033	0,945
Kalk	—	—	70	—	—	—	—	—	108	58	—	92
Magnesia	—	—	13,9	—	—	—	—	—	20,9	10,2	—	12,3
Schwefelsäure	—	—	30,8	—	—	—	—	—	61,8	33	—	37,8

4. Vor dem Schlachthause.

Am	1. II. 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	8	23	5	10	11	10	11	5	6	18	11	6
Trockenrückstand bei 180°	332	276	344	404	292	268	588	496	452	220	284	304
Glührückstand	224	232	304	332	236	212	504	408	396	180	240	260
Glühverlust	108	44	40	72	56	56	84	88	56	40	44	44
Chlor	44,4	35,5	86,9	111,9	65,7	81,7	182,8	97,6	118,9	31,9	65,7	56,8
Ammoniak	Spur	viel	0	0	0	Spur	0	Spur	viel	viel	Spur	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0	0	geringe Spur	viel	viel	Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	geringe Spur	0	0	viel	0	geringe Spur	sehr viel	viel	geringe Spur	sehr viel
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	3,031	2,770	1,501	1,470	1,565	1,939	1,565	1,460	1,864	2,147	1,215	1,270
Kalk	—	—	74	—	—	—	—	—	110	58	—	92
Magnesia	—	—	13,7	—	—	—	—	—	20,9	10,1	—	12,3
Schwefelsäure	—	—	32,3	—	—	—	—	—	61,8	32,0	—	39,8

5. Bei Grange aux Dames.

Am	1. II 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	35	72	7	10	11	7	20	5	6	10	3	8
Trockenrückstand bei 180°	568	448	496	568	460	320	520	436	768	372	368	440
Glührückstand	488	292	428	516	292	256	448	360	652	292	288	364
Glühverlust	80	146	68	52	168	64	72	76	116	80	80	76
Chlor	111,9	58,6	131,4	159,7	101,2	81,7	195	145,5	216,6	69,2	99,4	104,7
Ammoniak	Spur	Spur	0	0	minimal Spur	Spur	Spur	geringe Spur	viel	0	geringe Spur	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	minimal Spur	geringe Spur	Spur	geringe Spur	Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	Spur	Spur	minimal. Spur	sehr viel	minimal. Spur	geringe Spur	viel	viel	Spur	geringe Spur
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,661	2,860	1,501	1,425	1,565	2,024	1,456	1,609	1,991	2,238	1,276	1,193
Kalk	—	—	104	—	—	—	—	—	158	72	—	118
Magnesia	—	—	23,7	—	—	—	—	—	46,8	23	—	25,2
Schwefelsäure	—	—	57	—	—	—	—	—	127,0	67,3	—	69,3

6. Bei Malroy.

Am	1. II 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	22	52	9	3	6	3	10	1	4	6	3	8
Trockenrückstand bei 180°	516	388	452	556	404	320	556	332	652	308	360	368
Glührückstand	440	316	360	508	308	288	508	296	564	252	312	300
Glühverlust	76	72	92	48	96	32	48	38	88	56	48	68
Chlor	90,5	47,9	124,3	150,8	94,1	92,3	185,5	120,7	181,6	51,5	88,7	88,8
Ammoniak	Spur	geringe Spur	0	0	minimal Spur	Spur	0	geringe Spur	viel	0	geringe Spur	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	minimal. Spur	geringe Spur	Spur	Spur	Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	geringe Spur	0	minimal. Spur	viel	0	geringe Spur	viel	0	Spur	geringe Spur
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,401	2,180	1,408	1,394	1,477	1,471	1,290	1,695	1,612	1,902	1,094	1,093
Kalk	—	—	102	—	—	—	—	—	146	70	—	110
Magnesia	—	—	19,5	—	—	—	—	—	33,9	15,1	—	19,5
Schwefelsäure	—	—	51,5	—	—	—	—	—	107,8	48,1	—	52,2

7. Bei Hauconcourt.

Am	1. II 94	1. III. 94	1. IV. 94	1. V. 94	1. VI. 94	1. VII. 94	1. VIII. 94	1. IX. 94	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
Suspendirte Stoffe	7	43	2	16	7	4	8	0	4	Flaschen ausgeblieben.	1	5
Trockenrückstand bei 180°	332	276	400	496	328	344	482	400	548		340	356
Glührückstand	320	168	356	404	254	248	388	344	476		284	292
Glühverlust	12	108	44	92	74	96	44	56	72		56	64
Chlor	55	28,4	102,9	102,7	67,5	95,8	138	117,2	149,1		78,1	74,6
Ammoniak	Spur	minimal. Spur	0	0	0	Spur	Spur	0	Spur		geringe Spur	0
Salpetersäure	Spur	Spur	Spur	Spur	Spur	0	minimal. Spur	geringe Spur	Spur		Spur	Spur
Salpetrige Säure	0	0	0	0	0	viel	0	Spur	Spur		viel	0
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,443	1,720	1,533	1,766	1,507	1,471	1,360	1,437	1,548		1,002	0,974
Kalk	—	—	76	—	—	—	—	—	124		—	94
Magnesia	—	—	13,7	—	—	—	—	—	25		—	15,9
Schwefelsäure	—	—	52	—	—	—	—	—	77		—	46,7

III. Jahresmittel von 12 Bestimmungen.

Im Liter Wasser waren enthalten Milligramm	An der Eisenbahnbrücke bei Longevill	An der Mittelbrücke	An der Friedhofsinsel	Vor dem Schlachthause	Bei Grange aux Dames	Bei Malroy	Bei Hauconcourt
Suspendirte Stoffe	11,8	10,0	9,8	10,4	16,2	10,6	8,8
Trockenrückstand bei 180°	339,9	331,3	331,1	355,0	480,3	434,3	386,5
Glührückstand	287,3	266,6	269,8	294,0	389,7	371,0	321,3
Glühverlust	51,3	64,7	61,2	61,0	89,8	63,5	65,3
Chlor	79,0	81,4	81,1	81,7	122,9	109,7	91,8
Ammoniak	0 bis Spuren	0 bis Spuren	0 bis Spuren	0 bis viel	0 bis viel	0 bis viel	0 bis Spuren
Salpetersäure	0 bis Spuren	0 bis Spuren	0 bis Spuren	0 bis viel	minimale Spuren bis Spuren	minimale Spuren bis Spuren	0 bis Spuren
Salpetrige Säure	0 bis viel	0 bis viel	0 bis viel	0 bis sehr viel	0 bis sehr viel	0 bis viel	0 bis viel
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100000 Theile Wasser	1,546	1,541	1,615	1,816	1,741	1,501	1,433

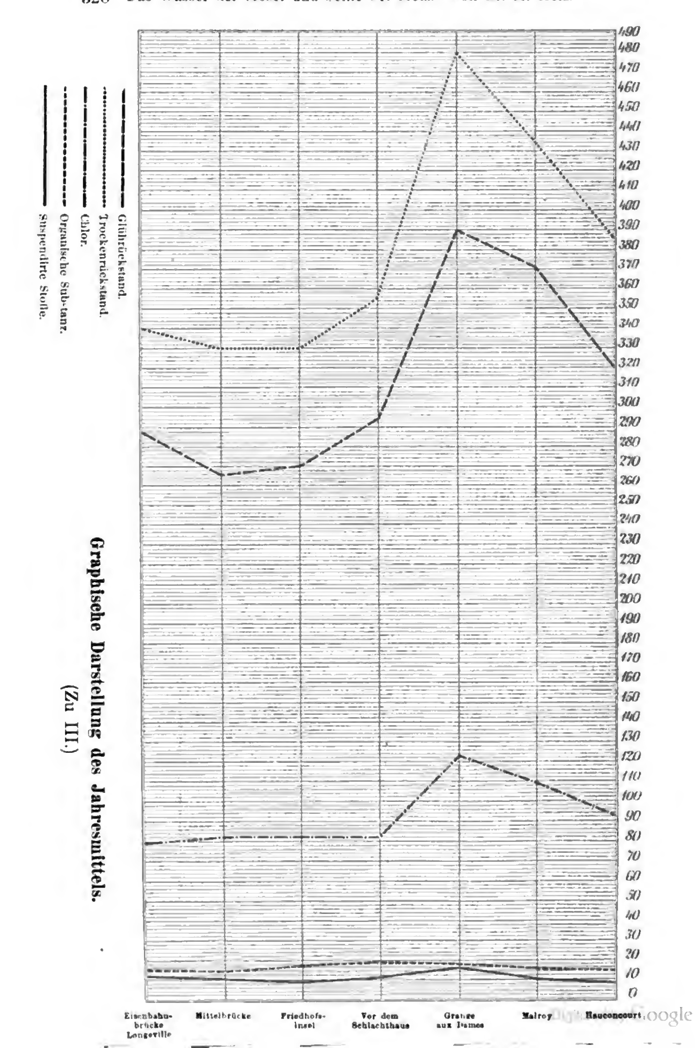
IV. Ergebnisse der bacteriologischen Untersuchung des Moselwassers.

Datum der Probeentnahme	An der Eisenbahnbrücke bei Longeville	An der Mittelbrücke	An der Friedhofsinsel	Vor dem Schlachthause	Bei Grange aux Dames	Bei Hauconcourt
1. X. 1894	1030	790	787	12 560	2070	1525
1. XI. 1894	1012	1553	1460	15 006	5120	1088
1. I. 1895	3462	4884	5763	10 934	5850	2484
Im Mittel	1835	2404	2670	12 833	4513	1699

Keime in 1 ccm.

V. Im Liter Seillewasser waren enthalten Milligramm:

Am	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95	1. X. 94	1. XI. 94	1. XII. 94	1. I. 95
	An der Brücke zwischen Mazellen- und Theobaldsthor				An der Brücke am Sandplatz			
Suspendirte Stoffe	8	13	12	6	13	19	12	21
Trockenrückstand bei 180°	2668	1044	1788	1272	2396	1128	1500	1176
Glührückstand	2436	896	1572	1148	2228	1020	1360	1064
Glühverlust	232	148	216	124	168	108	140	112
Chlor	832,5	276,9	507,6	347,9	750,8	259,2	413,6	312,8
Ammoniak	0	0	0	0	Spur	viel	viel	Spur
Salpetersäure	Spur	Spur	0	Spur	Spur	Spur	viel	viel
Salpetrige Säure	Spur	Spur	Spur	0	Spur	sehr viel	Spur	sehr viel
Organische Substanzen, d. h. Theile Kal. perm. verbraucht für 100 000 Theile Wasser	2,050	2,520	1,610	1,680	3,472	3,098	2,223	2,864
Kalk	434	228	317	244	414	214	266	232
Magnesia	134,7	81	105,6	77,8	123,9	77,1	86,1	70,6
Schwefelsäure	414	216,2	339,9	232,1	401,6	208,6	276,6	208,7
Keime in 1 ccm Wasser	1330	5878	2775	8442	14975	24555	19240	17307



Graphische Darstellung des Jahresmittels.
(Zu III.)

Beiträge zur Kenntnis der Verfälschung von Zuckerwerk.

Von

Prof. **Gustav Kabrhel** und Dr. **Josef Strnad**.

Zum Zwecke der Kenntnis der Art und des Umfanges, in welchem Zuckerwerkfälschungen ausgeführt werden, wurden chemische Untersuchungen von einigen Proben, welche in Prag und den Vorstädten erhältlich waren, unternommen.

Im Ganzen wurden sechs Zuckerwerkproben von Prof. Dr. Kabrhel, vier Zuckerwerkproben von Dr. Strnad chemisch analysirt.

Es handelte sich in allen Fällen um Proben, welche aus verschiedenen mehr oder weniger unregelmässigen Kügelchen, Täfelchen oder nachgeahmten Thierchen [1]) bestanden, wie dieselben von Kindern in Colonialwaarenhandlungen verlangt zu werden pflegen.

Bei der chemischen Untersuchung wurde das Augenmerk hauptsächlich darauf gerichtet, ob nicht in dem Zuckerwerk anorganische Gifte enthalten sind (z. B. Chrom, Kupfer, Blei). Daneben hat man aber auch nach solchen Stoffen gesucht, welche, obwohl unschädlich, doch zum Zwecke der Erzielung eines grösseren Gewinnes dem Zuckerwerk beigemischt werden könnten.

Der Vorgang der chemischen Untersuchung, in hauptsächlichsten Zügen beschrieben, war der folgende: Es wurden 50 g des zu untersuchenden Materials in einer aus Meissener Porzellan

1) Sorten von sogenannten Rocks-Drops wurden nicht untersucht.

bestehenden Schale abgewogen und mit Hilfe des Wiesneg'schen Ofens langsam zur Asche verbrannt. Die Asche wurde dann mit Salzsäure behandelt, und der in Salzsäure unlösliche Rest auf einem Filter gesammelt, in einem Platintiegel verascht und gewogen. Aus welchen Gründen der in Salzsäure unlösliche Rest gewogen wurde, wird später erklärt werden.

Das Filtrat, sowie auch der genannte Rest wurde mit Hilfe von bekannten chemischen Methoden auf Schwermetalle und alkalische Erden analysirt. Die Untersuchung auf Alkalien wurde unterlassen, da bei Anstrebung jenes Zieles, welches in dieser Arbeit verfolgt wurde, sich nicht die Nothwendigkeit zeigte, dieselbe durchzuführen.

Mit Hilfe des eben angedeuteten Untersuchungsmodus wurden folgende Resultate erzielt:

Zuckerwerk Nr. 1. Es wurde nachgewiesen: Fe, Al, Cr, Ca, Ba, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug 3,05%. Derselbe bestand fast ganz aus schwefelsaurem Baryum. Die anderen angeführten Elemente waren nur in einer geringen Menge zugegen.

Zuckerwerk Nr. 2 enthielt: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug 0,18 %. Derselbe bestand hauptsächlich aus SiO_2. Andere Elemente waren nur in sehr geringen Mengen vorhanden.

Zuckerwerk Nr. 3. Es wurden nachgewiesen: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des unlöslichen Restes betrug 0,19%. Derselbe bestand hauptsächlich aus SiO_2.

Zuckerwerk Nr. 4: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug 1,86 %, welcher fast nur aus Kieselsäure bestand.

Zuckerwerk Nr. 5: Mn, Fe, Cr, Al, Ba, Ca, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug 2,82%, welcher fast ausschliesslich aus schwefelsaurem Baryum bestand. Auch Ca war in grösserer Menge anwesend. Die Menge desselben wurde quantitativ mittelst Fällung mit oxalsaurem Ammonium festgestellt. Der durch Zusatz von oxalsaurem Ammonium entstehende Niederschlag wurde auf einem Papierfilter gesammelt

und in einem Platintiegel unter Benützung des Löthrohres geglüht und gewogen. Die Menge des auf diese Weise gewonnenen CaO betrug 0,20%.

Zuckerwerk Nr. 6: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure nicht löslichen Restes betrug 0,50%, welcher hauptsächlich Kieselsäure enthielt.

Zuckerwerk Nr. 7: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des unlöslichen Restes betrug 0,39%. Derselbe bestand hauptsächlich aus Kieselsäure.

Zuckerwerk Nr. 8: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des unlöslichen Restes betrug 0,06%. Von den Elementen Fe, Al, Ca waren nur Spuren vorhanden.

Zuckerwerk Nr. 9: Fe, Al, Ca, SiO_2. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug 4,15%. Dieser bestand hauptsächlich aus Kieselsäure. Auch wurde Eisen in einer etwas grösseren Menge gefunden.

Zuckerwerk Nr. 10: Eine theuerere Bonbons-Gattung aus einem viel besuchten Geschäfte. Es wurden nachgewiesen: Fe, Al, Mn, Ca, SiO_2. Die Menge der Asche betrug 0,44%. Von den nachgewiesenen Elementen war Ca in grösserer Menge vorhanden.

Das Resultat der durchgeführten Analysen ergibt, dass bei der Zubereitung einiger Proben giftige chemische Verbindungen benützt worden sind.

Denn es wurde in zwei Fällen, und zwar bei Nr. 1 und Nr. 5 Chrom und Baryum nachgewiesen. Was die chemische Form betrifft, in welcher diese Stoffe bei Zubereitung in Verwendung kamen, kann man sagen, dass Chrom wahrscheinlich als ein chromsaures Salz angewendet worden ist, weil diese Salze oft als Farbstoffe zu verschiedenen Zwecken pflegen benützt zu werden. Baryum war als schwefelsaures Baryum in dem Zuckerwerk enthalten.

Die Menge, in welcher letztere Verbindung gefunden worden ist, war sehr bedeutend. Denn die Menge des bei den Fällen Nr. 1 und Nr. 5 erhaltenen, in Salzsäure unlöslichen Restes (2,82% und 3,05%) gibt fast das schwefelsaure Baryum an, was

analytisch festgestellt worden ist. Der Zusatz dieser Verbindung geschah offenbar zu dem Zwecke, dem Zuckerwerk eine schwere, billige und nicht auffällige Substanz beizumischen, welchen Forderungen der Baryt thatsächlich entspricht.

Es ist einleuchtend, dass der Zusatz einer derartigen Substanz unter den Begriff der Fälschung fällt.

Ausserdem ist es nöthig, darauf hinzuweisen, dass das schwefelsaure Baryum keineswegs für eine ganz ungefährliche Verbindung gehalten werden kann. Bei der Unlöslichkeit desselben in Wasser und Säure könnte man vielleicht annehmen, dass dasselbe in dem Verdauungscanal zur Resorption unfähig wäre. Nichtsdestoweniger kann man die Möglichkeit doch nicht völlig ausschliessen, dass in dem Verdauungscanal, in welchem bei Anwesenheit von organischen Stoffen Reductionsvorgänge stattfinden, das schwefelsaure Baryum reducirt und dadurch in lösliche Form gebracht werden könnte.

In Anbetracht des Umstandes, dass lösliche Baryumverbindungen heftig wirkende Gifte sind, ist der Verdacht berechtigt, dass durch Einführung der genannten Substanz in den Verdauungscanal doch schädliche Einwirkung auf den menschlichen Organismus erfolgen könnte, und das um so mehr, als jene Zuckerwerksgattungen, in welchen diese Verbindung analytisch festgestellt worden ist, hauptsächlich von Kindern genossen zu werden pflegen, deren Organismus, wie bekannt, für Einwirkung giftiger Substanzen empfänglicher ist.

Des Weiteren wurde in zwei Fällen, und zwar Nr. 4 und Nr. 9, SiO_2 in grösserer Menge nachgewiesen. Ueber die Menge derselben belehrt uns die Untersuchung des in Salzsäure unlöslichen Restes, der fast ausschliesslich aus Kieselsäure bestand. Die Menge des in Salzsäure unlöslichen Restes betrug bei dem Zuckerwerke Nr. 4 1,86%, bei dem Nr. 9 4,15%.

Was die chemische Verbindung der Kieselsäure, in welcher der Zusatz derselben geschah, betrifft, so war der Verdacht berechtigt, dass es sich da um Beimischung von Ultramarin handeln könnte, da die Asche der untersuchten Zuckerwerksproben blaue Färbung zeigte.

Um diese Frage mit Sicherheit zu entscheiden, wurde der noch übrig gebliebene Rest des Zuckerwerkes Nr. 4 und 9 der folgenden chemischen Prüfung unterzogen:

Es wurden blau gefärbte Proben von den anderen getrennt, und hierauf die blau gefärbten als auch anders gefärbten in heissem destillirtem Wasser aufgelöst. In dem Becherglase mit blauen Proben hat sich am Boden ein ebenso gefärbtes Pulver abgesetzt. Auch in dem anderen Gefässe zeigte sich am Boden ein unlöslicher Rückstand von gelbbräunlicher Färbung. Der unlösliche Rückstand wurde hierauf einigemal mit heissem destillirtem Wasser ausgewaschen.

Mit dem auf die eben beschriebene Art gewonnenen blauen Pulver wurde die Reaction auf Ultramarin ausgeführt. Zu diesem Zwecke wurde dasselbe in ein kleines, destillirtes Wasser enthaltendes Kölbchen gebracht, in dessen Halsöffnung ein mit essigsaurem Blei getränkter Papierstreifen aufgehängt war, und dann einige Tropfen Salzsäure zugesetzt und erhitzt.

Wenn Ultramarin zugegen ist, dann färbt sich der Papierstreifen durch Einwirkung des sich beim Erhitzen entwickelnden Schwefelwasserstoffes schwarz, und das blaue Pulver in dem Kölbchen entfärbt sich.

Auf diese Weise konnte festgestellt werden, dass das Zuckerwerk Nr. 9 Ultramarin enthielt. Bei dem blauen, aus dem Zuckerwerk Nr. 4 gewonnenen Pulver fiel die Ultramarinreaction negativ aus. Was für eine chemische Verbindung in diesem Falle vorlag, konnte wegen Materialmangels nicht weiter geprüft werden.

Das gelbbräunliche Pulver, welches sich bei der Lösung der nicht blau gefärbten Stückchen am Boden des Becherglases abgesetzt hat, war aller Wahrscheinlichkeit nach ein sehr feiner Sand. Es sprach dafür einerseits das makroskopische Verhalten, andererseits der chemische, die Gegenwart von Kieselsäure constatirende Befund und auch die mikroskopische Prüfung.

Es geht somit hervor, dass einerseits in dem Zuckerwerke Nr. 4 und Nr. 9 die Fälschung mittelst Kieselsäure enthaltenden Verbindungen ausgeführt wurde, andererseits dass in dem Falle

Nr. 9 wahrscheinlich zu demselben Zwecke Ultramarin benützt wurde, welches zugleich den Vortheil eines Farbstoffes dargeboten hat.

Die Zuckerwerke Nr. 6 und 7 sind gleichfalls in Bezug auf ihre Reinheit verdächtig, denn der in Salzsäure unlösliche und hauptsächlich aus Kieselsäure bestehende Rest 0,50% und 0,39% ist gross genug, um den Verdacht auf absichtlichen Zusatz von Fälschungsmitteln zu erwecken.

Bei dem Zuckerwerk Nr. 5 wurde wahrscheinlich neben dem schwefelsauren Baryum auch eine Verbindung des Calciums zur Fälschung benützt, weil CaO in der Menge von 0,20% nachgewiesen wurde.

Von anderen Metallen, die Alkalien ausgenommen, deren chemischer Nachweis, wie oben angeführt wurde, unterlassen worden ist, wurden noch in sehr geringen Mengen Eisen und Mangan gefunden. Auf welche Weise Verbindungen dieser Elemente in das Zuckerwerk gelangt sind, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden.

Zum Schlusse halten wir es für angezeigt, auf einige Erfahrungen hinzuweisen, welche die vorläufige Prüfung mittelst einfacher Methoden betreffen, bei deren Benützung Fälschungen der eben beschriebenen Art leicht kenntlich werden.

Die Methode besteht darin, dass man die zu untersuchende Zuckerwerksprobe in heissem Wasser auflöst. Wenn schwefelsaures Baryum zur Fälschung benützt wurde, so sinkt dieses als ein schweres, weisses, in Säuren unlösliches Pulver zu Boden des Becherglases. Dieses Pulver kann einer weiteren chemischen Untersuchung unterzogen werden. Das Pulver wird entweder mit kohlensaurem Natron in Wasser längere Zeit gekocht oder in einem Platin- oder Porzellantiegel mit kohlensaurem Natron geglüht, wodurch kohlensaures Baryum entsteht, welches, in Salzsäure bei gleichzeitiger Bildung von Gasbläschen gelöst und mit Schwefelsäure oder Kieselfluorwasserstoffsäure behandelt, einen weissen Niederschlag gibt.

War zur Fälschung Ultramarin benützt, so erhält man nach Einwirkung von heissem Wasser ein blaues Pulver, welches, mit

Salzsäure behandelt, Schwefelwasserstoff entwickelt, der leicht chemisch nachgewiesen werden kann.

Wenn in der Probe andere kieselsäurehaltige mineralische Beimengungen in grösserer Menge vorhanden sind, so gibt das in heissem Wasser unlösliche, sich zu Boden setzende Pulver, welches ebenfalls in Salzsäure unlöslich ist, wenn es in einem Platin- oder Porzellantiegel mit kohlensaurem Natron-Kali geschmolzen wird, eine Verbindung, welche bei Einwirkung von Salzsäure unlösliche Kieselsäure zurücklässt.

Wenn eine complete qualitative und quantitative Untersuchung ausgeführt werden soll, so empfiehlt es sich selbstverständlich, auch die Asche zu wägen. Bei unseren Untersuchungen haben wir es aber, das Zuckerwerk Nr. 10 ausgenommen, aus folgendem Grunde unterlassen. In dem ersten Falle, welcher zur Untersuchung gelangte, und welche von Prof. Kabrhel ausgeführt wurde, ist der Zusatz von schwefelsaurem Baryum nachgewiesen worden.

Dieses positive Resultat gab Anregung zur weiteren Verfolgung dieser Art von Fälschung. Es ist dann einleuchtend, dass, wenn es sich nur um Zusatz von schwefelsaurem Baryum handelt, es sich empfiehlt, den in Salzsäure unlöslichen Rest zu wägen, weil wir uns auf diese Weise gleich über die Menge des zugesetzten schwefelsauren Baryums orientiren konnten.

Im weiteren Verlaufe der Arbeit hat es sich dann ergeben, dass auch andere Zusätze üblich sind. In Folge dessen empfiehlt es sich, bei completer chemischer Untersuchung sowohl die Asche als auch den in Salzsäure unlöslichen Rest zu wägen.

Bacteriologische Untersuchungen über ein neues Desinficiens Kresol Raschig (Liq. Kresoli saponatus).

Beiträge zur desinficirenden Wirkung der Kresol-Lösungen.

Von

Dr. **B. Schürmayer,**

Hannover.

(Aus dem medicinisch-bacteriologischen Privatlaboratorium.)

Unter den Desinfectionsmitteln sind es in letzter Zeit einige Abkömmlinge des Theers, die Kresole, denen man Aufmerksamkeit geschenkt hat. Da sie aber von Natur aus in Wasser nicht lösbar sind, so wurden verschiedene Wege eingeschlagen, die Kresole »aufzuschliessen«. Ein Mittel, dies zu erreichen, ist die Anwendung von Seife, und man spricht bei diesen Präparaten von Kresol-Saponaten. Zu diesen gehört auch das hier vorliegende »Kresol Raschig« — »in allen Verhältnissen wasserlöslich«.

Nachdem Verfasser schon seit längerer Zeit in früherer und jetziger Thätigkeit Gelegenheit fand, die Anwendung in der Praxis durch Laboratoriumsversuch zu controliren, so erscheint es passend, die Ergebnisse hier zusammenzustellen.

Bacteriologische Versuche über Kresol Raschig liegen bis jetzt nur von Vahle[1]) aus dem hygienischen Institut zu Marburg vor. Um auf denselben weiter aufbauen und ihre Richtigkeit nachprüfen zu können, wurde auch hier das Solveol zum

1) Vahle, Hyg. Rundschau, 1893, 20: »Ueber den Desinf. d. R-Kres.«

Vergleiche herangezogen. Da noch zwei andere neue Präparate als vergleichbar erschienen, nämlich Kresolum purum liq. (Nördlinger) und Kresol-Seifen-Lösung (Nördlinger), da ferner alle Ergebnisse auf Carbol als Maassstab bezogen wurden, so fiel das anfänglich auch untersuchte Lysol später weg. Es geschah dies, um die Parallelversuche nicht zu sehr zu compliciren. Immerhin genügen die Ergebnisse, um Lysol den ihm von anderer Seite als Desinficiens zum äusseren Gebrauch bereits angewiesenen Platz zu sichern, andererseits gewisse Irrthümer anderer Forscher[1]) klar zu legen und deren Schlüsse zu entkräften. Näheres wird unten zur Genüge dargethan werden. Die bacteriologischen Untersuchungen der keimtödtenden Kraft der Desinficientien erfolgten unter denselben Gesichtspunkten, wie sie von Schottelius[2]) in seinen Untersuchungen über einige Theerproducte aufgestellt und in verschiedenen Arbeiten aus dessen hygienischem Institut durchgeführt wurden. Hirschel[3]) resumirte dieselben schon vor Jahren wie folgt:

»Es sind, wenn man die Desinfectionskraft irgend eines Stoffes zu untersuchen bestrebt ist, stets drei Factoren in ihrer Wechselwirkung zu prüfen:

1. Die Spaltpilzart und die Entwickelungsform derselben, auf welche der Desinfectionsprocess wirken soll,
2. Menge des angewendeten Desinficiens und
3. die Zeit, während welcher das Desinfectionsmittel einwirken konnte.«

Ganz nach Hirschel's Vorgang wurde aus den seinerseits erörterten Gründen die Platte, d. h. die Zahl der hierauf gewachsenen Spaltpilze, als Maassstab für die Beeinflussung gewählt, nachdem aus den entsprechenden Lösungen nach angegebener Zeit ganz genaue Quanta zur Herstellung der Platten verwendet waren.

---

1) Hammer, Archiv f. Hyg., XII, 1891, XIV, 1892.

2) Schottelius, »Vergl. Untersuch. über die desinficirende Wirkung einiger Theerproducte.« Münchner med. Wochenschr., 1890, Nr. 20.

3) Hirschel, »Exp. Untersuch. über einige neue Desinfectionsmittel«. Freiburg, 1890. (Aus dem hygienischen Institut.)

Es wurde also der von Geppert[1]) gerügte Fehler anderer Desinfectionsversuche, dass zu viel Desinficiens zugleich mit den Spaltpilzen auf den Nährboden gebracht wurde, umgangen.

Aber das Streben nach Präcisirung ging noch weiter; es wurden zu allen Versuchen mit wässrigen Lösungen der Kresole oder mit Bouillon- und Kresolzusatz, ein für alle Mal gleiche Quanta gewählt, sodann Parallelversuche aus beiden Reihen zur selben Zeit angestellt, mit demselben Bacterienmaterial, unter gleichen äusseren Umständen.

Zur Ausgleichung der Quanta wurde für wässrige Lösungen steriles Wasser zugegeben; die Anordnung geschah also immer nach der Formel:

8 ccm sterile Bouillon + x cm Leitungswasser + y % Lösung = 10 ccm,

8 ccm steriles Wasser + x cm Leitungswasser + y % Lösung = 10 ccm.

x und y waren in Parallelversuchen selbstredend gleich; sonst enthalten die Versuchsreihen nähere Angaben. Aus diesen Mischungen wurden dann:

Nach »*n*« Zeiteinheiten = »*z*« Raumtheile zur Darstellung der Platten verwendet; für Parallelversuche galt auch hier Gleichheit aller »*n*« und »*z*«. Angaben sind aber unten noch beigefügt auf den entsprechenden Tabellen. Stets wurden genau abgemessene Gelatinequanta zur Platte verwendet, anfangs mit der Pipette, später mit dem vorzüglichen kleinen Instrumente von Knauss[2]) (Modif. für 5 ccm) abgemessen. Auch die Ausbreitung der Gelatine geschah in derselben Weise, dass möglichst derselbe Umfang und infolgedessen die gleiche Dicke der Schicht herauskam.

Das Wachsthum der Colonien wurde durch die, wenn auch mühsamere, aber genauere Zählung vorgenommen. Bis zu ca.

---

1) Geppert, Zur Lehre von den Antisepticis. Berliner klin. Wochenschrift, 1890, Nr. 3.

2) Knauss, Eine einfache Vorrichtung zum Abfüllen von je 10 ccm Nährsubstrat. Centralbl. f. Bact., XVII, 1895, Nr. 24 u. 25, S. 878 u. 879.

1000 Keimen wurde direct gezählt, bei mehr Keimen in üblicher Weise ausgerechnet. Denn je nach Art der Keime täuscht man sich ungemein mit Abschätzungen = »viele«, »wenig« etc. Oft läuft trotz aller Vorsicht die Gelatine etwas mehr auseinander, und man hat den Eindruck von weniger Keimen, als wenn das Gelatinefeld enger ist. Selbstverständlich wurden sterile Gläser, ebensolche Pipetten, und zwar für jede Lösung eine besondere etc. angewendet.

So weitläufig dies klingt; wer die vorliegenden Werthangaben über Desinfectionsmittel, die sich oft so sehr widersprechen, nachprüft, wie dies unsererseits seit mehreren Jahren geschah, der kann die oft so sehr abweichenden Angaben nur auf methodische Fehler zurückführen und ist eifrig bemüht, solche zu umgehen.

Von Spaltpilzen wurden zunächst nur solche gewählt, welche ein charakteristisches Wachsthum haben, meist verflüssigende Formen. In die Plattenkapseln kamen je 2 Controlplatten; eine zur Feststellung der Zahl der im nichtdesinficirten Medium vorhandenen Keime, eine zweite sterile zur Controle der Brauchbarkeit der Gelatine und Sauberkeit der Arbeit.

Die Versuche selbst zerfallen in folgende Abtheilungen:

I. Physikalische Eigenschaften, welche auf die Gestaltung der Mischungsverhältnisse von Einfluss sind.

II. Desinfectionskraft.

a) Wasser.

1. Verhalten der bereits im Wasser normaler Weise enthaltenen Keime bei Darstellung verschieden starker Lösungen.
2. Verhalten von dem Wasser beigemengten pathogenen Keimen unter diesen Verhältnissen.

b) Nährboden.

1. Verhalten vegetativer Spaltpilzformen: Wasserbacterien, pathogene Mikroorganismen.
2. Verhalten von Sporen: des Kartoffelbacillus, Milzbrandbacillus.

III. Uebersichtsversuche über die Einwirkung entsprechender Quanta von Desinficiens-Lösung auf Thiere (Grad der sogenannten Giftigkeit).

IV. Einige Versuche über desodorisirende Kraft der Desinficientien.

Von der Verwerthung künstlich abgeschwächter Culturen im Thierversuche und Beurtheilung der Ergebnisse wurde aus später genannten Gründen abgesehen, obwohl diese Versuche den besten Beweis für die Wirksamkeit der Präparate gebracht hätten. Das Gesammturtheil erstreckt sich also nur auf den Grad des Wachsthums und der Verflüssigung der Gelatine, seitens der angewendeten Spaltpilzformen. Einmal geht hier erfahrungsgemäss Wachsthum und Verflüssigung ziemlich parallel der Virulenz; sodann sind die meisten Arbeiten aus früherer Zeit in derselben Art abgefasst, ohne dass ihnen der Vorwurf geringeren Werthes gemacht wurde. Andererseits wiederum tragen die mit Sporenmaterial ausgeführten directen Infectionsversuche so viele Fehlerquellen in sich, dass bei der grossen Zahl der berechtigten Einwände die Beweiskraft solcher Versuchsreihen erheblich sinkt.

I. Physikalische Eigenschaften.

a) Kresol Raschig.

Kresol Raschig gehört zu den Kresol-Saponaten, d. h. den Lösungen, welche sich zur Aufschliessung der Kresole der Seife bedienen. Bei Herstellung seines neuen Präparates machte sich der Darsteller die bekannten und bereits bei Verfertigung verschiedener Desinfectionsstoffe, wie Lysol, Saprocarbol etc. gewonnenen[1]) Erfahrungen zu eigen. Es handelt sich darum:

1. dem im Wasser so gut wie unlöslichen Gemische der drei Kresole, wie sie im Steinkohlentheer vorkommen und bei Fabrication der krystallisirten Carbolsäure nebenher abfallen, durch Zusatz von Seife eine vollkommene Löslichkeit in Wasser zu verleihen.

1) Schürmayer, Kresol Raschig, ein neues Desinficiens. R. Medic. Anzeiger, 1893, Nr. 24 u. 25.

2. Da aber Seifenzusatz die bacterientödtende Kraft dieser Stoffe herabsetzt, so kam es fernerhin darauf an, diesen Zusatz auf ein Minimum zu beschränken, andererseits sich seinen Einfluss in Bezug auf Wasserlöslichkeit möglichst zu Nutzen zu machen.

Nun ergab es sich aber, dass im Kresol des Handels neben Kresolgemisch noch höhere Homologen, nämlich die Xylenole und zwar bis zu 40 % enthalten sind. Sie sind zwar, wie die Kresole, ebenfalls keimtödtend und desinficirend, aber zu ihrer Lösung sind so ungleich hohe Mengen von Seife erforderlich, dass die Güte des Präparates darunter leiden würde, wenn man das Handelskresol mit seinem hohen Xylenolen durch grossen Aufwand von Seife wasserlöslich machen wollte. Die Darstellung von Lysol findet thatsächlich auf diese Weise statt; ca. 50 % Kresole mit ihrem Xylenolgehalt werden durch 40% Seife in Lösung gehalten. Dr. Raschig dagegen befreit bei Herstellung seines Kresols zunächst die Rohkresole vom Xylonolgehalte durch sorgfältige Destillation und Abscheidung aller über 200° siedenden Bestandtheile. Dadurch ist es möglich, dass 20% Seife 50 % Kresole vollkommen in Lösung halten. Lysol ist daher schlüpfrig und zu gynäkologischen Zwecken, wo man diese Eigenschaft schätzt, geeignet. Neben höherem Preise hat es aber mehr an ein Oel erinnernde Eigenschaften; es wird durch Kochen von Leinöl und Alkohol mit Kresolen + Xylonolen hergestellt; letztere gehen in Lösung über, dazu mengen sich die Verunreinigungen des Leinöls + dem Glycerin, das bei der Verseifung entsteht. Daher der eigenthümliche (Firniss-) Geruch und die Dickflüssigkeit. Letztere äussert sich darin, dass beim Eingiessen in Wasser grosse Tropfen zu Boden sinken, welche erst durch Schütteln etc. gelöst werden müssen.

Das Raschig'sche Kresol dagegen enthält 50% reine Kresole, welche unter 200° sieden, und nur 20% Seife, der Rest mit 30% ist Wasser.

Durch seine geringe Schlüpfrigkeit eignet sich das Präparat sehr wohl zu chirurgischen Zwecken, wie denn die physikalischen Eigenschaften überhaupt seinen Gebrauch in keiner Weise

einschränken. Kresol Raschig stellt eine tief schwarzbraune, klare Flüssigkeit dar, die sich leicht in allen Verhältnissen mit Wasser mengt. Das Gemisch wird völlig wasserhell, wenn destillirtes Wasser verwendet wird; Brunnenwasser erzeugt je nach seinem Härtegrade eine verschiedene Opalescenz, welche aber weder der Desinfectionskraft noch Brauchbarkeit Eintrag thut. Stärkere Lösungen sehen bräunlich und stets klar aus.

Es sind diese Aenderungen aber keineswegs gleichbedeutend mit der für Creolin bekannten milchigen Trübung. Denn die kleinsten Beimengungen, wie Schleim oder Epithelien etc. bei der Irrigation, sind deutlich erkennbar.

Der Geruch ist so schwach, als solches bei Kresolen überhaupt möglich erscheint.

Der geringere Seifengehalt, als er sonst üblich ist, setzt, wie bemerkt, die Schlüpfrigkeit der Lösungen herab. Andererseits haben die Mischungen keinerlei ätzende Eigenschaften.

Das spec. Gewicht betrug 1029 bei 13° C.
» » » einer 10% L. 1002 » 14° » (Wasser = 1001), kommt also in 10% Lösung dem des Wassers sehr nahe, was immerhin einigen Einfluss auf den Verlauf der Mischung hat.

Auch über die verglichenen Präparate zunächst das hierher Gehörende zur Orientirung.

b) Solveol.

Das Solveol stellt eine Lösung von Kresolen in kreolinsaurem Natron dar; es enthält in je 37 ccm (42,4 g) 10 g freies Kresol. Von Hueppe[1]) eingeführt und von Hammer[2]) genauer untersucht, erfreut es sich eines guten Rufes als Antisepticum. Gelobt wird auch sehr seine vorzügliche Mischbarkeit, ferner seine Ungiftigkeit. Spec. Gew. 1139 bei 13° C.

Da mit demselben verschiedene vergleichende Versuche von anderer Seite angestellt wurden, und es bereits in Parallele mit Kresol Raschig trat, so wurde es auch hier abermals untersucht.

1) Hammer, Ueber die desinficirende Wirkung der Kresole. Archiv f. Hygiene, Bd. XII, 1891.

2) Hueppe, Ueber Kresole als Desinfectionsmittel. Berliner klin. Wochenschr., Nr. 45, 1891.

c) Kresolum purum liquefactum Nördlinger

ist verflüssigtes reines Kresol und Methylverbindung des Acid. carb. liquefactum.

Dasselbe stellt eine krystallhelle, wasserklare Flüssigkeit dar und enthält 90% »O-Kresol«, wurde daher als Desinficiens sehr angepriesen.

Mit Kresol Raschig hat es nichts zu thun, steht vielmehr dem Carbol näher, dessen Geruch es besitzt. Spec. Gew. 1050 bei 13° C.

d) Kresol-Seifen-Lösung Nördlinger.

Es stellt eine dunkelbraune, syrupartige Lösung dar und enthält 50% Kresolgemisch, daneben aber auch viele indifferente Substanzen.

Es ist in der Menge Kresol und Art der Darstellung (Saponat) dem Kresol Raschig verwandt, aber, wie es scheint, nicht frei von Xylonolen. Spec. Gew. 1047 bei 13° C.

e) Acid. carb. liq.

ist als bekannt vorauszusetzen; erwähnt sei nur, dass es 90% Phenol enthält. (Acid. carb. liq. d. Ph.).

Uebersicht der Dichte.

	Orig.-Lösung	10% Lösung
Kresol Raschig . . .	1029	1002
Solveol	1139	1021
Kresol Nördlinger . .	1050[1])	1005[1])
Kresol-Seifen-Lösung .	1047	1007
Acid. carb. liq. . . .	1060	1008

13° C. Moor'sche Waage. Wasser = 1001°.

Löslichkeit.

In ein grosses Reagenzglas von 1,7 cm Durchmesser und 16 cm Höhe wurden 25 cm Brunnen- (Leitungs-) Wasser eingefüllt. Aus einer Pipette, deren Spitze das Wasserniveau eben berührte, und deren Ausflussöffnung sehr gross war, wurde je 1 cm unverdünnte Original-Flüssigkeit zugegeben.

1) Bildet in 10% Lösung Bodensatz. Zahl also unsicher.

Resultat:

I.

	Kres. R.	Solveol	Kres. N.	Kres.-Seifen-L.
Sofort	Gleichmässige Mischung, leicht opalescirend; oben 1 cm breit klares Wasser.	Klare Mischung, hellbraun, nach unten dunkler.	Am Boden grosse linsenförmige Masse, keine Lösung.	Dunkle Linse v. Kres. am Boden; keine Spur von Lösung.
Nach 3 Min.	Gleichmässige Lösung, etwas brauner als Solv., darüber 1/2 cm Wasser, hell, 1/2 cm leicht getrübt.	Wie oben. Färbung ausgeglichen.	Keine Mischung, nur über d. Linse eine ca. 1 cm hohe Diffusionszone.	Von unten aufsteigende Trübung.
Nach 30 Min.	Ditto.	Ditto.	Ditto.	Unten braune Linse, darüber milchige Trübung.
Ia. Umgestülpt, aber nicht geschüttelt.				
—	—	—	Linse sinkt nieder u. erzeugt am verschliessend. Finger deutlich. Brennen. Sie zieht eine Diffusionszone nach sich, verliert aber wenig an Masse.	Linse zerfliesst in fadigen Streifen, die zur völligen Trübung werden.

II.

Auf 1 cm Original-Desinficiens wird in's Reagenzglas Wasser (30 ccm) in gleichem Strahle und von gleicher Höhe gegeben:

Resultat:

	Kres. R.	Solveol	Kres. N.	Kres.-Seifen-L.
Sofort	Schöne, ganz gleichmässige Mischung.		Kleine Perlen wirbeln auf, setzen sich aber wieder.	Trübe Flocken steigen auf, unten bleibt eine dunkle Linse.

III.

Auf 10 ccm Wasser im Reagenzglase wird 0,1 ccm unvermischte Original-Flüssigkeit mittelst Pipette aufgesetzt. (1 proc. Lösung.)

Resultat:

	Kres.-R.	Solveol	Kres. N.	Kres.-Seifen-L.
Sofort	Senkt sich, darüber Lösungszone.	Nach unten dunklere Schattirung.	Fällt zu Boden; oben schwimmen Perlen.	Sinkt unter, darüber nur kaum merkliche Lösung.
	III b. Einmal umgestülpt und wieder hingestellt.			
Sofort	Gleichmässige Lösung, völlig klar und durchsichtig, aber leicht opalescirend.	Ganz klar u. hell, durchsichtig.	Keine weitere Mischung.	Keine weitere erhebliche Mischung.
	III c. Geschüttelt.			
Sofort	—	—	Wasserklare völlige Mischung	Mischung trübe, braungelb.
	Aussehen einiger Mischungs-Verhältnisse.			
10%	Völlig klar, durchsichtig (Bayrisch Bier).	Hell und klar, durchsichtig, gelblich (Moselwein).	Trübe, undurchsichtig (Milch).	Dunkelbraun, klar (Braunbier).
5%	Hell, durchsichtig, rothgelb.	Wasserklar, leicht grüngelb.	Am Glase Perlen, Masse trübe, milchig (geschüttelt).	Dunkelbraun mit milchfarbigem Stich (geschüttelt).
1%	Mattschimmernd, aber durchsichtig.	Klar mit leicht grauem Stich.	Durchsichtig, ungelöste Kresolperlen (geschüttelt).	Trübe, lehmfarbig (geschüttelt).
½%	Detto.	Detto.	Detto.	Detto.

IV.

300 ccm Wasser kommen in eine Cultur-Schaale; dazu 200 ccm 5 proc. Lösung (½ Jahr alt) = ½ l 2 proc. Lösung, wie sie etwa im gewöhnlichen Leben hergestellt wird.

Durch das Eingiessen der grossen Quanta von Desinficientien resultirt eine sofortige Mischung; Umrühren ist unnöthig.

Aussehen.

Kresol R.	Solveol	Kresol N.	Kres.-Seifen-L.
Bläulich grau, mattschimmernd, leicht opalescirend.	Rothgelb, undurchsichtig.	Gelblich, völlig undurchsichtig.	Fleischfarben, lehmartig, völlig trübe.
Gleichmässig gefärbt.	Nach unten mehr rothgelb.	Am Boden eine Schichte röthlich. Kresolperlen, auch oberflächlich deren kleine.	Gleichmässig, lehmartig trübe.

Keine dieser Lösungen kann sich demnach mit der entsprechenden wasserklaren Phenollösung messen.

Aus dieser Auswahl unter zahlreichen Versuchen ergibt sich Folgendes:

Kresol Raschig wird, was Schnelligkeit der Lösung betrifft, etwas vom Solveol überboten.

Das Aussehen beider Lösungen ist verschieden; allerdings hat Kresol Raschig, wie oben bereits erwähnt, unter Umständen Opalescenz bis zur leichten Trübung, diese Trübung kann auch bei Solveol vorkommen. Die anderen Präparate können sich in keiner Hinsicht mit Kresol R. messen, oder nur einen Vergleich aushalten.

Kresol Nördlinger mischt sich nur schwer und auf tüchtiges Schütteln; die Kresolperlen haben starke Tendenz, bestehen zu bleiben, und ätzen dann z. B. den Finger oder die Hand an, was häufig vorkam. Zudem hat die Lösung nicht den vermeintlichen Stärkegrad. Kresolseifenlösung wird missfarben, lehmartig trübe, löst sich nur schlecht und langsam und hat starke Tendenz, zu Boden zu fallen und ungemischt als Ganzes bestehen zu bleiben.

Die Angaben beziehen sich auf frisch bezogene Original-Lösungen. Nach ³/₄ jährigem Stehen wurden die Solveollösungen (10%) missfarben trüb (die Originalflüssigkeit aber war klar), bildete schwarzbraune Wandbeläge, die schwer entfernbar waren. Frisch hergestellte Lösungen (2% bis 5%) fallen seither etwas

getrübt aus, haben für alle Fälle nicht mehr die volle Klarheit von früher, vielmehr leichte Opalescenz.

Aelteres Kresol Raschig hatte ebenfalls leichte Trübung (5%) und matten Schimmer.

Der früher krystallhelle Bodensatz von Kres. pur. N. nahm braune Farbe an (2% bis 10%), Kresol-Seifen-Lösungen waren mehr trüb-fleischfarben (2% bis 5%). Eine etwaige mehr ausgesprochene Trübung kann also keinem der Präparate einzeln zum Vorwurfe gemacht werden. Selbst das in Bezug auf Klarheit obenanstehende Solveol ist Schwankungen unterworfen. (Vgl. Versuch IV.)

II. Prüfung der Desinfectionskraft.

Ausgegangen wurde von 10proc., später 5proc. Lösungen, mit denen durch Wasserzugabe (steril) jeweils der gewünschte Stärkegrad dargestellt wurde.

Die Versuche erstrecken sich nach voraufgegangener Orientirung mittelst stärkerer Lösungen hauptsächlich auf die meist gebrauchten Mischungen von 1% bis 0,25%.

a) Wasser.

1. Wasserbacterien.

Unter Wasserbacterien sind diejenigen Spaltpilze zu verstehen, welche normaler Weise im Wasser vorkommen, oder erfahrungsgemäss häufig hineingerathen. Es wurde das Wasser unter allen Verhältnissen dem Krahne entnommen, morgens nach dem längeren Stehen, unter Tags nach öfterem Abfliessen infolge anderweitiger Benützung, ganz so, wie es im Leben geschieht.

Sodann blieb ein Gefäss Tage lang offen stehen, und dann wurde mittelst seines Inhaltes, unter Anwendung obengenannter Ausgangslösung, die entsprechende Verdünnung vorgenommen.

Von Spaltpilzen kamen hauptsächlich zwei stark verflüssigende Formen vor, wenn das Wasser frisch war; später waren farbstoffbildende, theilweise nichtverflüssigende Formen beigemengt, die wohl durch angewirbelten Staub hineingeriethen.

Die erste Frage ist nun die: bringen wir mittelst frisch hergestellten Lösungen, wenn man zu deren leichteren Erzeugung,

d. h. im Interesse schnellerer Mischung, von 5 bis 10proc. Verdünnungen ausgeht, noch lebende und wachsthumsfähige Keime auf das zu desinficirende Substrat? Sodann: bis zu welcher Grenze, bedingt durch Zeitdauer oder Stärke der Lösung, ist solches der Fall?

Im Anschlusse an praktisch vorkommende Fälle war hier hauptsächlich zu berücksichtigen, welcher Concentrationsgrad in 15 bis 30 Minuten völlig keimfrei wurde.

Kresol Raschig entsprach diesen Bedingungen in 8 bis 2proc. Lösung und einer Zeitdauer von 10 bis 25 Minuten. Wenig praktisches, aber theoretisches Interesse hatte die Untersuchung, wie lange derartige Lösungen steril bleiben, wenn sie offen stehen. Länger als 8 bis 10 Tage wurde für 4 bis 2proc. Mischungen die Untersuchung nicht ausgedehnt, es ergab sich aber stets völlige Sterilität; für die jahrelang gebrauchten Mischungen von 10% war dies für jede Zeitdauer ausser Zweifel gestellt; auch in 5proc. Lösungen fanden sich nach ½ Jahre keine Keime vor oder, wenn hineingerathen, gewachsen.

Die näheren Verhältnisse erläutert Tab. I S. 355; es wurde hier, um einen Ueberblick zu behalten, nur je 1 ccm Wasser zugefügt, in grösserer Menge aber abgekochtes Wasser verwendet. Für 1proc. Lösung wurde bei Gebrauch des Kresol Raschig schon nach 15 Minuten eine völlige Sterilität erzielt; sogar für 0,5% war sie für diesen Zeitpunkt zweifellos, aber für 0,25% nicht mehr ganz sicher.

Von den anderen Desinficientien blieb Carbol stets zurück, aber ganz auffallend das Solveol, das nicht einmal mit Phenol den Vergleich aushalten konnte. Es war dieses Zurückbleiben von Solveol entgegen den Lobeserhebungen, die vor einiger Zeit publicirt wurden, sehr auffallend. Nachdem Wiederholungen der Versuche immer zum selben Resultat führten, waren zufällige Fehlerquellen, wie schon von vornherein höchst unwahrscheinlich, jetzt überhaupt ausgeschlossen. Die weiteren Untersuchungen lieferten auch in der Folge constant dasselbe Resultat. Es wird später in einer anderen Mittheilung hierauf zurückzukommen sein; die Erklärung wird sich übrigens schon aus den Darlegungen im dritten Abschnitte hier ergeben.

2. Pathogene Keime.

Als solche wurden auch aufgefasst alle als Fäulniserreger experimentell erkannten Spaltpilze, ferner die typischen Krankheitserreger. Zu den Ersteren gehörige Spaltpilze führte das Leitungswasser. Einen Schluss hieraus zu ziehen auf die Güte unseres Leitungswassers, liegt völlig ferne, da weiter nicht darauf geachtet wurde, unter welchen Umständen gewisse Formen auftraten bezw. sich vorfanden. Genauere Angaben muss eine diesbezügliche Untersuchung erst abgeben. Thatsächlich aber kamen mitunter vor z. B. B. fluoresc. liq. und »non liquef.«, die besonders auffielen, und auf deren Wachsthum dann geachtet wurde, ferner andere fäulniserregende Formen.

Beigemengte Spaltpilze zu Versuchszwecken stammten aus Bouillon-Reinculturen; es handelte sich hauptsächlich um Staphylococcen und den Pyocyaneus, jede Form allein oder in Mischung. Auch aus verdorbener Bouillon wurden Gemische zugesetzt. Auf 10 cm kam meist je 1 Tropfen Cultur, und die Controlplatten lieferten, wenn hier auch nicht numerische, so doch graduelle Anhaltspunkte.

Da in einer ganzen Folge von Versuchsreihen ein ungemein virulenter Staphylococcus zur Verwendung kommen konnte, so sind die diesbezüglichen Ergebnisse hier einzeln aufgeführt. Die Wachsthumsenergie wie Verflüssigung stellen die extremste aller Reihen dar, es lag also ein äusserst geeignetes Versuchsobject vor. Für 0,5proc. Lösung liefert »Kresol Raschig 50%« das Ergebnis, dass selbst einstündliche Einwirkung das Wachsthum nicht völlig sistirte, indem immerhin nach 7 Tagen immer noch 5 Keime gewachsen waren. Ein Blick auf die Controle, die nur $^1/_{15}$ Materialmenge enthielt, lehrt, dass solches immerhin eine sehr gute Leistung genannt werden muss. Schon nach 2 Tagen war letztere völlig verflüssigt, während für Kresol R. nur ganz verschwindend wenige, kaum sichtbare Colonien angegangen waren.

Ein Vergleich mit den anderen Desinficientien lehrt, dass Solveol abermals sich als völlig unbrauchbar erwies. Phenol hingegen bewies, dass sein Einfluss nicht auf alle Spaltpilze ein weit zurückstehender ist, es zeigte hier im Gegentheile eine

ganz befriedigende Wirkung, dieselbe steht aber hinter Kresol R. weit zurück.

Kres. pur. liq. N. erreichte unser Präparat nicht immer ganz, Seifenkresol-Lösung aber überbot dasselbe. Für Pyocyaneus jedoch stand auch dieses hinter Raschig's Präparat zurück. (5 und 4 Keime gegen 150 in mehreren Reihen!) (Tab. II S. 356.)

Es fragte sich nun, wie lange die Wirkung einer 0,5 proc. Lösung andauert. Daher blieben die Gefässe, welche zu Versuchen benützt worden waren, stehen, und es wurde nach 10 bis 11 Tagen eine neue Probe entnommen.

So ergaben z. B. die nach 10 tägigem Stehen der Proben angefertigten Platten das Folgende: Die erst am fünften Tage (zur Vermeidung aller Verunreinigung) geöffneten Culturschalen enthielten technisch völlig wohlgerathene Gelatineplatten; der Nährboden erschien völlig intact.

Nach	Kres. R.	Solveol	Kres. N.	Seifen-K.	Carbol
5 Tagen Plattenwachsthum	5 Col. (klein keine Verfl.	300 Col. hirsekorngross, theilw. verfl.	5 Col. punktförm.	—	150 Col., klein, kaum sichtbar

Auf der Controlplatte mit 1/5 Material zeigte sich die Gelatine völlig verflüssigt und zerklüftet. Die Zahl der Colonien war nicht feststellbar, nur zu schätzen und betrug über 10000. Dasselbe Material hatte dagegen am 1. Tage nach 30 Minuten folgendes Plattenwachsthum (ebenfalls am 5. Tage revidirt) geliefert:

Nach 5 Tagen	Kres. R.	Solveol	Kres. N.	Seifen-K.	Carbol	Contr.
Alte Platten	1000	Unzählbar dicht (verfl.)	500	800	1000	Unzählbar, ca. 7000

Somit dauerte die Einwirkung der Präparate gleichmässig fort; das beste Resultat lieferten neben Kres. pur. liq. Nördlinger die beiden Saponate.

b) Nährlösungen.

Diese Versuche sind Parallelreihen zu den auf Tab. I und II gegebenen, oben besprochenen. Es ergibt sich hieraus die Möglichkeit eines Schlusses auf die Bedeutung des Nährsubstrates. Wasser gilt im engern Sinne nicht als Nährboden, gestattet aber bekanntermaassen reichlichen Bacterienwuchs. Ohne Zweifel stellt es ein prägnantes Beispiel von »eiweissfreiem« Substrate im Gegensatze zur Bouillon dar, welch' letztere absichtlich mit Eiweissgehalt gefertigt wurde. Ein Blick auf Tab. III lehrt nun Folgendes für 0,5 proc. Lösungen und **Wasserbacterien**: Kresol Raschig hat im Allgemeinen auch auf eiweisshaltige Substrate eine gleich gute Wirkung; immerhin darf ein früheres und etwas ausgedehnteres Spaltpilzwachsthum nicht übersehen werden; wenn man auch auf Differenzen von »10« wenig Gewicht legen darf, so ist doch der allgemeine Eindruck ein solcher. Kresol-Seifen-Lösung aber zeigt dasselbe in noch ausgeprägterer Form und Kres. pur. liquef. Nördlinger ist ebenfalls nicht frei hievon.

Im Gegensatze hierzu tritt eine erhöhte Wirkung der Carbolsäure auf eiweisshaltiges Substrat deutlich zu Tage, die auch bei Solveol ganz entschieden zu constatiren ist. Aber auch hier überbietet Phenol fraglos das Solveol, andererseits sind die beiden Desinficientien durch eine grosse Kluft von den anderen verglichenen getrennt und zurückstehend.

Für 0,25 proc. Lösungen verschwindet diese Gesetzmässigkeit allgemein; die wachsthumshemmende Wirkung hört auf, und der Einfluss eines guten Nährbodens, der selbst weniger geschwächt wurde, zeigt sich deutlicher. Auffallen muss, dass Kres. pur. liq. Nördlinger trotz seiner 90 proc. Ortho-Kresole hier unter Kres. Raschig zurückbleibt; es müsste doch, falls sein Kresol der Mischung der drei o. m. p.-Kresole gleichsteht an Wirkung entsprechend der 90 proc. gegen 50 proc., gerade hier an der Grenze seine Kraft entfalten. Auch hierüber wird in einer anderen Mittheilung zu reden sein.

Einige bemerkenswerthe Punkte für 0,5 proc. Lösung und **pathog. Spaltpilze** sind folgende:

Die Wirkung des Kresol Raschig auf Pyocyaneus in eiweisshaltiger Bouillon ist eine schwächere im Vergleich zum Einflusse auf Wasser. Dasselbe gilt auch für Kresol-Seifen-Lösung. Solveol konnte nur die Verflüssigung, nicht aber das Wachsthum sistiren und hintanhalten, Carbol ist hier zu schwach zu einer ausgiebigen Beeinflussung. Ganz auffallend besser wirkt Kres. pur. liquef. Nördlinger und bringt derart zum vollen Ausdruck, was früher das ihm verwandte Carbol andeutete.

Indessen verschwand nach 12tägiger Einwirkung dieses Plus ganz, und Carbol hatte bessere Resultate zu verzeichnen; wohl infolge der schlechten Löslichkeit des Nördlinger'schen Präparates war solches möglich. Alle Präparate, von Carbol abgesehen, vermochten nicht, im Laufe dieser 12 Tage alles Bacterienwachsthum zu sistiren; denn es keimte nun eine grössere Anzahl aus, als es nach 1 Stunde Desinfectionsdauer früher der Fall gewesen. Ganz auffallend hatte der Einfluss der Seifen-Kresol-Lösung nachgelassen.

In Bezug auf Staphylococcus pyog. aureus äusserte Kresol Raschig unter jetzigen Verhältnissen so ziemlich denselben Einfluss, wie wir ihn früher kennzeichneten; nur war die Hemmung der Verflüssigung jetzt noch etwas mehr ausgeprägt; Kresol-Seifen-Lösung schien zurückzubleiben, gestattete für alle Fälle eine reichlichere und ausgesprochenere Verflüssigung. Solveol gleich Carbol ergaben sich als völlig wirkungslos, Kres. pur. liquef. Nördlinger aber steigerte ganz ausgesprochen seinen Einfluss bei kurzdauernder, auf Stunden sich erstreckender Beobachtungszeit seiner Wirkung.

Absolut genommen resultirte aus diesen und ähnlichen Versuchen bei Vorliegen eines eiweisshaltigen Substrates Folgendes: Für Pyocyaneus und Staphylococcus pyog. aureus überbot das Kres. pur. liquef. Nördlinger alle anderen Desinficientien, was, wie oben besonders erwähnt wurde, nicht unter allen Umständen zutrifft.

Kresol Raschig wirkt immerhin sehr günstig und steht in anderen Versuchsreihen mit dem Nördlinger'schen Kresol auf einer Linie, besonders von 1% aufwärts. Die Seifen-Kresol-

Lösung wird von demselben theilweise übertroffen, besonders wo es sich um Sistirung der Verflüssigung handelt.

Carbol in $^1/_2$ proc. Lösung kann, was ja nicht erwartet wurde, sich mit Kresol Raschig in keiner Weise messen, ist indessen nicht das minderwerthige Präparat, als welches es stets hingestellt zu werden pflegt.

Solveol steht diesem gleich oder sogar nach und hält weder mit Raschig's Präparat, noch mit denen Nördlinger's irgend welchen Vergleich aus. Es ist völlig unbegreiflich, wie Solveol sich diesen Namen erwerben konnte. Sicher steht es hinter Lysol zurück, und wir müssen eine andererorts[1]) gemachte diesbezügliche Bemerkung, auf Grund der Angaben Hammer's damals ohne Weiteres als richtig angenommen, hiermit als Irrthum bezeichnen.

2. Verhalten von Sporen.

Zur Verwendung kamen Sporen des Kartoffelbacillus, deren Resistenz eine sehr grosse ist; ferner Milzbrandsporen. Da der Antrocknung des Materials, wie Geppert[2]) nachwies, eine ganz bedeutende Fehlerquelle anhaftet, welche die Errungenschaften früherer Zeit völlig entwerthet, so wurde hier anders vorgegangen. Die Sporen wurden auf Deckgläsern fixirt, oder ganze Kartoffelculturen in das Desinficiens eingelegt. Dort kamen 10 ccm, hier 300 ccm Lösung zur Verwendung. Die Abimpfung geschah im letzteren Falle erst nach der Zeit, wo erfahrungsgemäss vegetative Formen abgetödtet sind. Bei der Abimpfung wurden die Scheiben mittelst grosser Pincette emporgehoben und abtropfen gelassen. Dann wurde durch seitlichen, schräg verlaufenden Einstich aus tieferen Schichten Material entnommen und dasselbe zu Stichculturen in Gelatine verwerthet. Die beschickten Deckgläser wurden nach entsprechender Einwirkungsdauer getrocknet und

---

1) Schürmayer, Ueber Kresole etc. Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. LIV.

2) Zeitschr. f. Hygiene, VII, H. 3.

auf eine Schichte Gelatine (Platten) gelegt. Darüber kam abermals eine Lage Gelatine.

Da also völlig ungleiche Mengen Material zur Verwerthung kamen, haben die Zahlen nur wenig Werth; eine »Oese« besagt ja gar nichts. Doch mögen auch hier unter Einschränkung ihres Werthes zahlenmässige Uebersichtsangaben folgen.

Bei 5 proc. Lösungen keimten, bei Abimpfung von den Kartoffelculturen nach 4 Tagen auf Platten, welche mit je 1 Oese Material beschickt waren, für »Kresol Raschig« erst am 5. Tage des Plattenwachsthums 2 Colonien aus; mehr entstanden bis zum 10. Tage nicht; ähnlich verhielten sich Carbol und Seifenkresol; Kresol pur. liq. stand etwas zurück (ungleiche Materialmengen?), ganz auffallend aber stach auch hier wieder Solveol ungünstig ab. Denn während sonst auf den Platten zwischen 2 und 50 Keime zu constatiren waren, ergaben sich für Solveol 350! Zur Verflüssigung (Anthrax) war es nirgends gekommen, nur bei Solveol.

Für »Kresol Raschig« in einer Lösung von 5% ergab sich eine Abtödtung nach 5 Tagen. Weitere Versuche lehrten, dass nur dieser Verdünnungsgrad in ca. 5 Tagen befriedigende Resultate lieferte. Für 1 proc. Lösung wuchs am 7. Tage sogar deutlich sichtbar eine Stichcultur schon 24 Stunden nach deren Anlegung aus.

Im Allgemeinen ergab sich beim Sporenversuch ein deutliches Hervortreten der desinficirenden Kraft des Phenols; dasselbe schien in Stärken von 3 bis 5% schon an eiweisshaltigen Nährböden ausgeprägter.

Nach anderen, auf längere Zeit ausgedehnten Versuchen folgte an zweiter Stelle das Kres. pur. liq. Nördlinger oder stand mit Phenol auf einer Höhe; in einigen Reihen schien es noch wirksamer auf Sporen zu sein.

Dann folgen die Kresolsaponate mit einer nur wenig zurückstehenden Desinfectionskraft.

Getrennt durch eine weite Kluft schliesst sich das Solveol an.

III. Uebersicht über die Einwirkung bestimmter Quanta der Desinficientien auf Versuchsthiere (sogen. Grad der Giftigkeit).

Wie später näher ausgeführt werden wird, handelte es sich hier nur um einen Ueberblick, zum Zwecke der Klarstellung einer immer noch gangbaren und stets kritiklos nachgesprochenen Fabel, der relativen Ungiftigkeit gewisser Präparate von Kresolen. Zur Uebersicht wurde der Versuch so angestellt, dass je 3 Mäuse (zwei vom Gewichte von 20 g und eine von 10 g) in die Bauchdecken ½ Spritze von einer 2 proc. Lösung bekamen. Controlthiere bekamen nur Flüssigkeit ohne Desinficiens. Eine Controlmaus, die auch an Peritonitis zu Grunde ging, erhielt dabei vermuthlich eine Darmverletzung. Es wurde daher künftig stets in die Schenkelbeuge injicirt, der Vorfall aber that den Resultaten keinen Eintrag, da die übrigen Controlmäuse ganz munter blieben und sogar das eingegangene Thier aufrassen. Der Versuch verlief wie folgt:

2 proc. Lösung. ½ Spritze.

Nach	Kres. R.	Solveol	Kres. N.	Kr.-Seife	Carbol	Contr.
15 Min.	Alle Mäuse haben Krämpfe, zittern, schlagen mit den Beinen, knirschen, die Augen treten vor.					
12 Std.	†	alle drei wohl	†	†	†	zwei wohl, eine todt

Somit lag die tödtliche Dosis für Mäuse in folgender Höhe:

1 Spritze 2 proc. Lösung = 0,02, macht bei 20 g Gewicht einer Maus = 0,001 per Gramm; dies entspricht einer Kresolmenge von:

Kresol Raschig . .	(50%)	= 0,000 500	Kresol tödtlich,
[Solveol	(27%)	= 0,000 164	unschädlich!]
Kresol Nördlinger .	(90%)	= 0,000 900	tödtlich,
Seifen-Kresol-Lösung	(50%)	= 0,000 500	„
Carbolsäure . . .	(90% Phenol)	= 0,000 900	„

Bei der Menge von 16 kranken Versuchsthieren liess sich zur gleichen Zeit Genaueres nicht feststellen. Es wurde daher der Versuch nach dieser Orientirung der Reihe nach wiederholt.

Da Kresol-Seifen-Lösung zu viele heterogene ätzende Stoffe enthielt, so wurde sie hier weggelassen.

Aus diesen Versuchen (vgl. Tab. V) mit 1,25 proc. Lösung folgte nun für die einzelnen Desinficientien genauer:

Es wirkte auf 1 g Maus ein:

	tödtlich sofort	giftig, †	nur vorübergehend giftig	gar nicht giftig
Kres. R.	0,001 250	—	0,000 625	0,000 0625
Solveol	—	—	stark 0,000 866 schwach 0,000 625	0,000 0625
Kres. N.	0,000 866	0,000 625 nach 1/2 St.	—	0,000 0744
Carbol	Detto	Detto nach 3 St.	—	0,000 0500

Angaben über die Reaction von Mäusen auf solche Injectionen sind nur für Carbol bei Hirschel[1]) zu finden. Er nennt eine tödtliche Dosis berechnet auf 100 g Maus für Carbol = 0,035 bis ..04, also wären obige Zahlen mit 100 zu multipliciren, ergibt 0,0625 gegen 0,0400; es läge also unsere Zahl etwas höher, was darauf schliessen liesse, dass solches auch für die anderen der Fall wäre. Werth haben diese Angaben nur, wenn man sie auf den Kresolgehalt berechnet.

Es tödteten also von Kresolen:

im Kres. R. .	0,000 625 cm sofort,		
» Kres. N. .	0,000 7794 »	0,000 562 nach	1/2 Stunde,
Carbolsäure .	Detto	Detto »	3 »
Solveol . . .	0,003—0,0005.		

Vergiftungen mit nachfolgender Erholung erzeugten Kresole:

im Kres. Raschig zu	0,000 3125 cm
» Solveol . . . »	0,000 2170 » bis 0,000 1680 »
» Kres. N. . . » » Carbol . . . »	?

1) Hirschel, a. a. O., S. 41.

Unwirksam waren Kresole im

Kresol Raschig . .	zu	0,000 0312 cm
Solveol	»	0,000 0168 »
Kres. N.	»	0,000 0316 »
Carbolsäure . . .	»	0,000 0450 »

Nimmt man rund, nach Hirschel's Zahlen rechnend, den Kresolgehalt des Lysols zu 50 % und ermittelt die tödtliche Kresolgabe hieraus, so hat man auf 1 g Maus 0,000 25 bis 0,000 4375 cm, absolut tödtlich.

Gemäss des geringen Kresolgehaltes des Solveols konnten auch 0,000 217 cm nicht tödtlich wirken, da die niederste Ziffer der vierten Decimale hier allerorts über »fünf« lag; es mussten also vom Solveol doppelte Mengen, oder um das Volum nicht zu steigern, doppelt so starke Lösungen gewählt werden, wollte man theoretisch das gleiche Resultat erwarten.

Aus den Einzelheiten dieser Versuchsanordnung geht hervor, dass der Kresolgehalt im Solveol (Tab. V) Folgendes lehrt: er ist

momentan tödtlich von . . 0,003 387 bis 0,000 464,
giftig und dann tödtlich von 0,000 3387,
unschädlich von . . . . . . 0,000 03387.

Es resultirt hieraus im Allgemeinen für weisse Mäuse eine letale Kresoldosis von 5 Millionstel Gramm pro 1 g Körpergewicht, gleichviel welches Präparat, d. h. in welcher äusseren Form und unter welchem Namen Kresole gereicht werden; der Durchschnittswerth liegt um 1 Millionstel höher, als der nach Hirschel aus Lysol berechnete, was bei der Ungleichheit äusserer Versuchsbedingungen immer als eine zufriedenstellende Uebereinstimmung erscheint. Bei der durch Hammer[1]) festgestellten, individuell verschiedenen Reaction der Meerschweinchen auf Kresolgaben hatte es keinen Sinn, mit diesen Thieren zu experimentiren, noch weniger mit Kaninchen, wodurch nur Verwirrung in die derart klaren Resultate gekommen wäre. Für unsere Zwecke genügten diese Ergebnisse. Uebrigens gibt Hammer an[2]), dass 0,6 g Kresole auf 1 kg Meerschweinchen

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XIV, H. 1, S. 16.
2) Dasselbe, S. 18.

die tödtliche Dosis bezeichnen, also pro Gramm = 0,0006 g, abermals eine sonderbare Uebereinstimmung, wenn dieser Werth nicht durch seine Inconstanz an Bedeutung verlieren würde. Hirschel's Werthe für Lysol weichen zwar für Meerschweinchen von denen der Mäuse ab, aber auch hier sind nicht die Kresolwerthe in Rechnung gezogen, andererseits liefern, wie gesagt, Meerschweinchen keine constanten Werthe.

Diese Angaben enthalten zugleich die experimentelle Widerlegung der Behauptungen von Maass[1]), die ich andererorts[2]) in Aussicht gestellt hatte. Eine eingehendere Besprechung derselben scheint völlig überflüssig zu sein.

Allgemein jedoch folgt: Kresol Nördlinger scheint entsprechend dem hohen Gehalt an Ortho-Kresol stärkere Vergiftungserscheinungen zu erzeugen; d. h. die Symptome treten hier heftiger und früher auf. Jedoch war gegen Phenol ein grosser Unterschied in Bezug auf tödtliche Gaben nicht zu finden, selbstredend nur im Thierexperimente und zwar mit weissen Mäusen als Versuchsthiere.

IV. Einige Versuche über desodorisirende Kraft.

Desinfection und Desodorisation haben bekanntlich nichts mit einander zu thun; die Fortschritte der Desinfectionstechnik datiren überhaupt erst von der Zeit, wo diese beiden Begriffe von einander getrennt wurden. Praktisch kam diese Frage an vielen Orten zur Erörterung, als das Abfuhrsystem verschiedener Städte bei Einleitung der Siehle in Flüsse Anlass zu vielen Klagen gab. Aber für den Menschen ist damit noch nicht genügend gewirkt, wenn seine Umgebung keimfrei wird, sie muss auch geruchfrei sein. Mit Recht stellen wir daher an neuere Desinfectionsmittel auch die Anforderung, desodorisirend zu wirken; denn ekler Geruch, z. B. einer Grube oder eines Klosetts, beeinträchtigt das

1) Maass, »Ueber die Wirkung des Lysol«. Deutsches Archiv f. klin. Medic., Bd. LII, S. 435 ff.

2) Schürmayer, »Ueber Kresole, deren Wirkung und Nachweis im Organismus«. Deutsches Archiv f. klin. Medic., Bd. LIV, S. 71—88.

seelische Leben nicht minder, als Spaltpilzinvasion das des Körpers.

Zu diesen Versuchen eignet sich nun Harn absolut nicht, da er, wohl aus den Seitens Scheuerlen[1]) erörterten Gründen, unter Umständen mit den Kresolsaponaten eine eigenthümliche Verbindung eingeht, welche schon durch Aussehen und Geruch die Beobachtung stört. Dagegen eignen sich verschiedene Harnbacillen, welche in Reinculturen den Geruch faulenden Harns haben, sehr wohl.

Für »Kresol Raschig« wurde nun die Prüfung in verschiedener Weise vorgenommen; einmal ohne dass eine Berührung desselben mit der Geruchquelle direct in flüssiger Form statthatte.

In einer 600 ccm Luft haltenden Culturkapsel befanden sich Platten mit Culturen dieser Spaltpilze; (durch Aufgabe von Wasser wurde später eruirt, dass ein Luftquantum von 600 ccm bestand). Es kamen hierzu 5 ccm Kres. Raschig in 5 proc. Lösung, also, falls alles Kresol flüchtig geworden wäre, eine $\frac{0{,}025}{600} = 0{,}000\,04$ betragende Verdünnung. Der Geruch war zwei Tage lang völlig sistirt, erschien aber am dritten Tage wieder etwas. Es wurden abermals 5 ccm unten in die Schaale gegossen, worauf 8 Tage lang deutlicher Kresolgeruch vorherrschte. Am neunten Tage verschwand derselbe etwas, es kam abermals 5 ccm hinzu. Trotz allgemeiner Verflüssigung aller fünf Platten trat im Laufe der nächsten zwölf Tage kein Geruch auf, es dominirte der nach Kresol.

Bei Zumischung von 3 ccm 5proc. Lösung zu 47 cm fauligem, stinkendem Sputum, also einer Sputum-Kresolmischung mit 0,3 % Kresol-Raschig-Gehalt (= 0,15 Kresol) lag schon anderen Tags eine dichte krümelige Sedimentschichte am Boden des Gefässes, darüber stand eine flockig-milchige Trübung (Ei-

1) Weitere Untersuchungen über »Saprol«. Aus dem bact. Labor. der kgl. technischen Hochschule zu Stuttgart. Archiv für Hygiene, Bd. XIX, S. 347 ff.

weissfällung!). Geruch fehlte und war auch nach 20 Tagen nicht vorhanden.

Auch im Grossen beim Vorliegen von aashaften penetranten Gerüchen bewährte sich Kres. Raschig vorzüglich und hielt in 1 proc. Lösung trotz reichlicher Bacterienwucherung jeden Gestank zurück. Es kamen z. B. zu 80 ccm jauchig stinkender Reincultur von Staphylococcen in Bouillon 20 cm 5 proc. Lösung = 1% Kresol R. und wirkte 20 Tage geruchsistirend, roch aber nach Kresol. Dasselbe Ergebnis hatten die zehnfachen Mengen. Die Controlen gaben einen ganz penetranten Gestank. Im Vergleiche stand Carbol etwas zurück, das leichten Geruch aufkommen liess, Kresol-Seifenlösung wurde in den ersten Tagen geruchlos (weder fauler noch Kresolgeruch), dann kam ein eigenthümlicher, »modificirter« Geruch auf.

Mit Solveol wird wohl Niemand desodorisiren, da hierzu »Solutol« dient; es sei aber erwähnt, dass es auch hier noch hinter reinem Carbol stand. Kres. pur. liq. Nördlinger dagegen behielt stets seinen carbolartigen Geruch.

In ½ proc. Lösung mit demselben Material trat der Kresolgeruch noch nach 20 Tagen wieder hervor, auch für Kresol Raschig, nachdem das zuvor eigenthümlich »leimig« riechende Gemisch geschüttelt war.

Carbol blieb zurück, noch mehr Solveol, Seifen-Kresol roch etwas, wurde auf Schütteln völlig geruchfrei (auch kein Kresolgeruch!).

Mit anderem Material ergab sich Aehnliches; die Resultate wichen nicht sehr ab, wenn einmal Verkorkung, ein anderes Mal Freistehen der Gefässe vorlag. Die Grösse der Luftsäule über der Flüssigkeit war bei geschlossenen Gefässen allerdings von Einfluss, indem die Gase wohl mehr Raum hatten sich auszudehnen, andererseits das nur eine relativ geringe Oberfläche bietende Desinficiens keine so günstigen Angriffspunkte hatte, wie oben, wo es in dünner Schichte in der Culturschaale vertheilt war.

Dass aber Desodorisation und Desinfection nichts Gemeinsames haben, das geht daraus hervor: 30 cm faulender Bouillon-

cultur von Staphylococcen war für Kres. liq. Nördlinger und Kres. Raschig völlig geruchlos; es stach vielmehr der typische Geruch des Desinficiens deutlich vor.

Nachdem je gleiche Quanta in Gelatine gekommen, und diese letztere schräg erstarrt war, liessen sich nach mehreren Tagen ausgewachsene Keime constatiren. Als unterste Verdünnungsgrenze für Kres. R. erschien 1 : 2000, wo aber noch deutliche Desodorisation erzielt wurde.

V. Beurtheilung des Kresol Raschig auf Grund der vorstehend skizzirten Versuchsreihen.

1. Kresol Raschig ist, wie der Darsteller angibt, in allen Verhältnissen in Wasser löslich. Die Mischungen haben aus angeführtem Grunde eine leichte Opalescenz bis Trübung. Dieselbe hat aber durchaus nicht den Grad, wie wir ihn für Lysol und Creolin kennen. Die Lösung bei Herstellung von Verdünnungen ist eine fast momentane. Hierin liegt ein Vorzug vor beiden Präparaten Nördlinger's; Kresol-Seifenlösung wird auch durch das trübe, missfarbene Aussehen seiner Mischungen minderwerthig.

2. Das Raschig'sche Kresol ist, soweit überhaupt möglich, frei von unangenehmem Geruche. Es zeichnet sich hierdurch vortheilhaft vor Lysol und Creolin aus. Diese Eigenschaft wird bedingt durch die Abwesenheit von indifferenten Beimengungen und von Verunreinigungen. Alle technischen Errungenschaften der letzten Zeit fanden hier Berücksichtigung.

3. Die Desinfectionskraft des neuen Präparates ist eine sehr gute; die schwächeren Lösungen schon stehen weit über Carbol und Solveol, auch über Lysol. Da nichts der Verwendung auch stärkerer, 5 bis 10 proc. Lösungen entgegensteht, so kann gegebenen Falles bei der Rohdesinfection allen Anforderungen genügt werden.

Für chirurgische, feinere Zwecke mag man vielleicht dem wasserklaren Kres. pur. liq. N. den Vorzug geben, tauscht aber für das Aussehen eine geringere Löslichkeit und ätzende Eigenschaft ein. Sodann ist das Plus von Wirkung doch nicht dieses,

wie es theoretisch für die 90 proc. Kresole in Nördlinger's Präparat zu erwarten wäre. Wer Creolin, Lysol und mehr noch Solveol gebrauchte, wird bei Einführung des Liq. Kres.-Saponates Raschig Vortheile haben.

4. Auch die »sogenannte Giftigkeit« ist für dieselbe Volumeinheit (90% Orto-Kresol) vom Kres. pur. liq. N. grösser, eben aus dem angegebenen Grunde, ohne dass bei einer Reduction der Lösung behufs Herstellung gleichen Kresolgehaltes derselbe Grad von desinficirender Kraft erreicht würde.

5. Die angenehme Zugabe einer weitgehenden desodorisirenden Kraft des Kresol Raschig, ohne Auftreten einer penetranten, unangenehmen, von Kresol selbst herstammenden Geruchsempfindung (Lysol, Creoline), macht dies neue Präparat noch schätzenswerther; in dieser Hinsicht überbietet es auch die Kresol-Seifenlösung.

6. Die letzte und für den grossen Gebrauch nicht zu unterschätzende Eigenschaft ist die grosse Billigkeit. Geeignet zur feinern und rohen Desinfection, ist Raschig's Präparat das billigste unter den brauchbaren.

Es kostet das Kilo im Handverkaufe:

Kresol pur. liq. Nördlinger	4—5	M.
Solveol	3.50	»
Creolin Perarson	2.50	»
Lysol	2.40	»
Kresol Raschig	1.50	»

Erklärungen zu den Tabellen:

† u. + = positives Wachsthum.

(!) = directe Zählung.

Fette Zahlen oben, z. B. 15, 0, 15 } = Zeit der Einwirkung nach Minuten.

Tabelle I. **Wasserbacterien in Wasser.**

(Mischung mit 10 proc. Lösung ad 9 cm + 1 ccm Wasser.) Vgl. Versuche mit 1 proc. Lösung nach Einwirkungsdauer von 5, 10, 15 Min. (1,0 cm zur Platte.)

	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
Nach	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	3—4000
2 Tagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	alles verfl.
4 »	0	0	0	1328 !	92 !	+ klein	0	0	0	0	0	0	2800	507 !	206 !	
5 »	10	0	0	1650 !	153	?	4	3	1	0	0	0	3000	662 !	?	
6 »	20	0	0	alles verfl.		0 ?	9	6	1	0	0	0	Verflüssigung			
7 »	22	0	0	—	—	—	18	10	7	0	0	0	—	—	—	

(8 ccm sterilisirtes Wasser + 1 ccm Wasser + 1 ccm 5 proc. Lösung.) 0,5 proc. Lösung. 15, 30 Min., 1 Std. (Je 15 Tr. = 0,5 cm zur Platte.)

	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
Nach	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	4000,
3 Tagen	0	0	0	3000 kein. Vfl.	2000 Verfl.	1000 punktf.	0	0	0	0	0	0	30 !	70 !	0	davon 40 pf. verfl.
4 »	0	0	0	alles vfl. abg.	alles abgel.	Beg. verfl.	0	0	0	0	0	0	50 klein	100 punktf.	1 !	alles verfl.
5 »	0	0	1	—	—	—	0	0	0	4 !	0	0	250 !	190	2 !	
6 »	0	0	2	—	—	—	0	0	0	4	0	0	abgel. verfl.	10 pf. vfl. + 180	5 !	
7 »	0	0	2	—	—	—	0	0	0	4	0	0	—	—	6 !	
8 »	0	0	2													
	Gelatine ohne Verfl.			schon 5 Tg. alles abg.			Gelatine ohne Verfl.			4 Verfl.	keine Verfl.		Gelatine gänzlich — theilweise verflüssigt			

(8 ccm sterilisirtes Wasser + 1 ccm Wasser + 1 ccm 2,5 proc. Lösung.) 0,25 proc. Lösung. 15, 30, 60 Min. (Zur Platte 15 Tr. = 0,5 cm.)

	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
Nach	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	sehr klein
2 Tagen	0	+	0	†	†	†	0	0	0	0	0	0	0	0	0	dicht
				zu klein, um zählbar!												
3 »	0	0	1	unzähl. zu dicht	2000	5000 100×50	1 gz.	1 klein	0	0	0	0	700	dicht unzähl.	3000 100×30	dicht. Nebel 7000
4 »	1	6	2	»	»	»	2	5	20	1	0	5	1000	»	»	(70 × 100)
5 »	3	10	2	Verfl	Verfl.	gzl. abgel.	10	16	20	6	2	20	Beg. Verflüssigung			alles verfl.
6 »	3	12	23				10	21	20	6	3	20	—	—	—	abgelaufen
	Gelat. intakt keine Verfl.	Colon. punktf. keine Verfl.	Colon. Steckn.-kopfgr. verfl.	seit 4—5 Tagen alles abgelaufen			Gelat. intakt Colon. punktf.	detto.	Gelat. durch Verfl. zerklft.	Colon. punktf., Gelatine gut, keine Verfl.		grosse Verfl.-zonen	alles verflüssigt und abgelaufen			

Tabelle II. **Pathogene Spaltpilze in Wasser. 0,5 proc. Lösung.**

(Mischung: 8 ccm ster. Wasser + 1 ccm Wasser + Bact. + 1 ccm 5proc. Lösung.) Einwirkungsdauer: 15, 30, 60 Min. (15 Tr. zur Platte, 1 Tr. zur Controle.)

a) Pyocyaneus.

Platten-Wachsth.	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
Nach	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	abgelaufen
2 Tagen	0	0	0	unzählbar, verflüss.			0	0	0	0	0	0	— klein	0	0	—
4 „	55 klein	0	0	—	—	—	50	4	6	100	50	0	300 !	+ klein	0	—
6 „	1000	5	4	—	—	—	500	70	6	800	150	5	1000	7	0	—
Nachdem die Wasserprobe 12 Tage stand, neue Platten. 15 Tr. zur Platte, 1 Tr. zur Controle.																
3 „		5			180			0			0			150		ca. 7000
4 „		5			300			5			0			150		
		keine Verflüssigung			Verflüssigung									klein		
b) Staphylococcus pyog. aureus. 0,5 proc. Lösung.																
2 „	+ klein	14 punkt-förm.	1	alles verflüssigt ca. 4000	—	—	+	+ (klein)	+	+ klein	0	0	+	+ sehr klein	+	alles abgel.
3 „	100 punkt-förm.	44 klein	+	—	—	—	300	90	180	90	25	3	430	100	4	
5 „	Beg. Verfl.	Beg. Verfl.	150 punkt-förm.	—	—	—	Beg. Verfl.	190 punkt. förm.	180 punkt-förm.	Beg. Verfl.	35	?	Verfl.	120 klein	90 sehr klein	
										Gelatine in Verfl.						

Tabelle III. **Wasserbacterien in Bouillon. 0,5 proc. Lösung.**

(Mischung: 8 ccm ster. Bouillon + 1 ccm Wasser + 1 ccm 5 proc. Lösung.) Einwirkungsdauer: 15, 30 Min., 1 Std. 15 Tr. zur Platte, 1 Tr. zur Controle.

Platten-Wachsth.	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	
Nach 3 Tagen	0	0	0	600	850	+ klein	0	0	0	0	0	0	0	+	0	4—5000 in Verflüss.
4 »	0	0	0	1100	1000	7	0	0	0	0	0	4	0	100	3	
5 »	5 punktförmig	1 Verfl.	0	1250 Verfl.	beginnende Verfl.	jede Col. gross Verfl.	0	0	0	2 alle	1 klein	8 keine Verfl.	1 ganz klein	120 punktförmig	3 klein	
6 »	8	2	0	—	—	dazu so! klein	1	0	0	2	1	8	8	150	3	
7 »	10	2	0	—	—	Verfl.	2	0	+ klein	2	4	9	11	150	6	
8 »	10 davon 1. Col. linsengrosse Verfl.	2 eine pfenniggr. Verfl.	0	—	—	—	7 davon 5 verfl.	0	+ ganz klein, nicht zählbar	3 pfenniggr. Verfl.	4	9	12 davon 5 verfl.	160 klein	6 2 verfl.	
							0,25 proc. Lösung.									
3 »	0	1	2	500	Nebel	zu klein	2	3	10	0	1	?	+ punktf	klein	Nebel	Nebel 7000 Verflüssig. abgelaufen
4 »	63	10	40	1000	800	»	70	20	70	13	10	12	3000	2000	unzahl.	
5 »	70 keine Verfl.	26	70	Verfl.	3000	Verfl.	100	33	75 Verfl.	40 Verfl.	34 Verfl.	13 nicht verfl.	abgelaufen		4100	
6 »	75 keine Verfl.	26 davon 2 kleine Verfl.	83 davon 5 kleine Verfl.	—	Gelatin. vollst. zerklüftet	—	103 davon 20 verfl.	45 davon 10 verfl.	80 Gelatin. zerklüftet	40 4 gross verfl.	35 davon 5 verfl.	13 keine Verfl.	—	—	—	

Tabelle IV. **Pathogene Spaltpilze in Bouillon. 0,5 proc. Lösung.**

(Mischung wie Tabelle III.) a) Pyocyaneus. (Platte wie Tabelle III.)

Platten-Wachsth.	Kres. Raschig			Solveol			Kres. Nördlinger			Seifen-Kres.-Lös.			Carbol			Controle
	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	15	30	60	
Nach 2 Tagen	0	0	0	unzählbar		dicht	0	0	0	0	0	0	unzählbar	† pfenniggr.	† pfenniggr.	6—7000
4 »	60	† klein	0	»	»	»	30	2	1	80	100	0	»	»	»	
6 »	150	400	20	»	»	»	60	36	1	500	500	0	—	—	à 7000	
Nachdem die Mischung 12 Tage stand, neue Platten.																
3 »	30 kein			dichter Schleier,			4 punktförmig:			20, davon 2 verfl.			70 klein, punktf.			völlig
4 »	45 klein, keine Verfl.			alles verflüss., unzählbar			12, davon 2 grosse, verflüss.			30, davon 15 verfl.			100 klein, keine Verflüss.			abgelaufen
b) Staphylococcus pyog. aureus.																
2 »	10 klein	1 klein	0	unzählb., alles dicht beg. Verfl., punktf.			2	5	1	† klein	††	††	unzählbar, klein			alles abgelaufen.
3 »	117 davon 12 verfl.	40 klein punktförmig	5 ganz klein	alle Gelat. abgelauf., völlig verflüss.			25 punktförmig	20 —	14 klein	Nebel aus unzähligen klein. Col.	150 Verfl.	1	»			
5 »	Verfl.	51 dav. 45 pktf	6 dav. 2 verfl.	»			30 punktförmig	20 klein	18 dav. 3 verfl.	Verfl.	alles verfl.	1	»			

Tabelle V. **Injection von Mäusen. 1,25 proc. Lösung.**

1 Spritze = 1 ccm = 0,0125 ccm Desinfic.
1 Theilstrich = 0,1 ccm = 0,00125 ccm Desinficiens.

1. Uebersicht der Symptome.

Mäuse von 10 bzw. 20 g in die Schenkelbeuge injicirt.

Resultat nach	Kresol Raschig			Solveol			Kresol Nördlinger			Carbol		
Maus v.:	a) 20 g	b) 10 g	c) 20 g	a) 20 g	b) 10 g	c) 25 g	a) 20 g	b) 15 g	c) 25 g	a) 20 g	b) 15	c) 25 g
	1 Spritze		1 Theilstr.	1 Spritze		$1^{1}/_{4}$ Theilstrich	1 Spritze		$1^{1}/_{4}$ Theilstrich	1 Spritze		$1^{1}/_{4}$ Theilstrich
Sofort	Nichts.	Wie gelähmt, dann stärkere Krämpfe.	Nichts.	Sofort Krämpfe (schwach)	Liegt wie leblos auf dem Rücken.	Gesund.	Heftige Krämpfe, liegt auf dem Bauche.	Wie leblos, dann Krämpfe, nach 1 Min † unter »Gähnen«	Nichts.	Ganz ungemein heftige Krämpfe, Schütteln, Strampeln, Ausschlag mit d. Hinterbein., heft. Zuckung.		Sitzt stille.
5 Min	Krämpfe.	†	Völlig wohl.	Nachlassen.	Krämpfe	»	Zuckt,		»			—
10 »	»	—	»	Am Beine, in deren Schenkelb. inj. wurde, gelähmt.	Liegt auf der Seite, bewegt sich nicht;	Kratzt an der Injectionsstelle fortgesetzt.	springt in die Höhe, schlägt mit dem Schwanze.	—	Ganz ruhig, »starr«.			—
15 »	Krämpfe schwächer	—	»	Kratzt fortwährend am Kopfe.	zittert heftig.		Tanzt, als ob die Füsse Federkraft hätten.	—	—	Windet den Leib hin und her	(† 5 Min.)	—
30 »	Krämpfe hören auf.	—	»	Scheinbar erholt.	Keine Krämpfe (seit 20 Min.		Knirscht mit den Zähnen, stösst pfeifende Laute aus; starker Exophthalmus, dann †	—	Wohl, geht umher.	—	—	Kriecht, auf den Tisch gesetzt, nur langs. fort.
40 »	Läuft unbeholfen umher.	—	»	—	Sieht krank aus.	Wohl.		—	»	—	—	—
1 Std.	»	—	»	—	Lässt viel Harn, ist ganz durchnässt.	»	—	—	»	Krämpfe schwächer, knirscht, schluchzt, Exophthal.	—	Erholt.
3 »	Krankes Aussehen	—	»	Läuft im Stalle davon unter die anderen Mäuse, nicht (ausser durch Marke) unterscheidb.	Läuft im Stalle nur langsam umher; nach einigen Tagen gesund.	»	—	—	Springt im Stalle davon.	Alles dauert fort bis † (3 Stunden).	—	Im Stalle wohl.
12 »	»	—	»			»	—	—	—	—	—	—
24 »	Im Stalle ruhig, nach einig. Tagen völlig gesd.	—	»			»	—	—	—	—	—	—

Fortsetzung zu Tabelle V. 2,50 proc. Lösung.

2. Symptome bei Ausgleichung für Solveol, das nur ca. 25 % Kresol enthält.

Resultat nach	Kresol Raschig	Solveol	Kresol Nördlinger	Carbol
	a) Maus von 10 g (1 Spritze).	b) Maus von 20 g (1 Spritze).	c) Maus von 15 g (ebenfalls 1 Spritze).	d) Maus von 20 g (1 Theilstrich).
Sofort	Geht während der Injection zu Grunde. †	—	—	—
5 Min.	—	Reflexkrämpfe in oben beschriebener Weise.		Gesund.
10 "	—	Krämpfe schwächer, liegen auf der Seite, Gehen ist auch auf Belästigung unmöglich.		"
30 "	—	Dasselbe.		"
3 Std.	—	†	†	Wohl.

1,25 proc. Lösung. 3. Uebersicht der Zahlen. Auf Kresolgehalt berechnet.

Kresol Raschig	0,0125 (: 20)	= 0,000 625	giftig	0,000 3125
	0,0125 (: 10)	= 0,001 250	tödtlich	0,000 6250
	1/10 Spritze (: 20)	= 0,000 0625	wirkungslos	0,000 0310
Solveol	0,0125 (: 20)	= 0,000 625	schwach giftig	0,000 168 *)
	0,0125 (: 15)	= 0,000 866	stark giftig	0,000 217 *)
	1 1/4 Theilstr. (: 25)	= 0,000 624	wirkungslos	0,000 0168 *)
Kresol Nördlinger	Wie oben	= 0,000 625	stark giftig und tödtlich (1/2 St.)	0,000 5625
		= 0,000 866	sofort tödtlich	0,000 7794
		= 0,000 714	wirkungslos	0,000 0316
Acid. Carb. liquef.	Wie oben	= 0,000 625	giftig und † nach 3 Stunden	0,000 5625
		= 0,000 866	sofort tödtlich	0,000 7794
		= 0,000 050	wirkungslos	0,000 0450

*) siehe unter 4a

4. Zahlen bei Compensation des Solveol.

a) aus Rechnung.

*) Gibt doppelt genommen:
0,000 336 giftig und tödtlich nach 3 Stunden.
0,000 434 sofort †
0,000 0336 wirkungslos.

b) aus Versuchen (vgl. oben 2.).

0,000 3387 giftig und † — 0,001 720 sofort †
0,002 500 sofort † — 0,000 125 unschädlich.

Wirkung des Sonnenlichtes auf die Virulenz der Tuberkelbacillen.

Untersuchungen

von

Dr. **Franz Migneco,**

Assistent.

(Aus dem hygienischen Institut der kgl. Universität zu Catania.)

Bei genauer Durchsicht der umfangreichen Literatur der Tuberculosis, überzeugt man sich — und dies nicht ohne Staunen — dass diese so reichhaltige Literatur, welche in letzter Zeit über die Prophylaxis, die Pathologie und Therapie dieser Infectionskrankheit entstanden ist, eine wirkliche Lücke im Felde der bacteriologischen Nachforschungen mit Rücksicht auf den Einfluss des Sonnenlichtes auf die Tuberkelbacillen aufweist, obgleich diese Frage im Hinblick auf die Bedeutung dieser so gefürchteten Krankheit sicherlich keinen untergeordneten Werth besitzt. Und noch auffallender ist es, wenn man berücksichtigt, wie zahlreiche Untersuchungen gemacht wurden, um den Einfluss des Sonnenlichtes auf die Mikroorganismen im allgemeinen zu studiren; dabei sieht man, dass die Forscher zwar einerseits sich damit abgegeben haben festzustellen, welche Bedeutung der thatsächlichen Wirkung des Sonnenlichtes auf die Bacterien zukomme; während sie aber die begleitenden Ursachen dieser energischen Sonnenwirkung studiren und eine lange Serie von Experimenten an einer Anzahl pathogenen und nicht pathogenen. sporenführenden und sporenfreien Mikroorganismen veranstalten,

übergehen sie die Tuberkelbacillen ohne Weiteres. Von den ersten allgemeinen Nachforschungen der Engländer Downes und Blunt bis zu den neuesten Arbeiten herab, finden wir, dass zwar die Mikroorganismen häufig Gegenstand eifrigen Studiums waren; wir finden jedoch hiebei niemals die Mikroorganismen der Tuberculosis berücksichtigt. So studirten Roux, Arloing, Straus, Nocard, Momont etc. mit Vorliebe die Milzbrandbacillen; Gaillard, Janowski, Geissler die Typhusbacillen; Buchner die Typhus-, Coli-, Cholera-, Rauchbrand- und Pyocyaneus-Bacillen; Raspe die Wasser- und Bodenbacillen; Pansini die Prodigiosus-, Pyocyaneus-Violaceous-, Murisepticus-Mikroorganismen, den Staphylococcus albus, die Milzbrandbacillen und jene der Cholera; Santori die Typhus-, Milzbrand- und Coli-Bacillen, sowie den Staphylococcus pyogenus aureus; Sirena und Alessi die Milzbrand-, Typhus-, Rotz-, Schweinrothlauf-, Coli- und Hühner-Cholerabacillen, sowie Fränkel's Diplococcus; Percy, Frankland, Marshall, Ward die Wasserbacterien und die Milzbrandsporen; Praussnitz, Procaccini, Buchner die Bacterien der Cloaken; Palermo die Cholerabacillen; Ledoux-Lebard die Bacillen der Dyphtheritis; Chmielewsky den Staphylococcus pyogenus aureus, den Streptococcus piogenes und die Erysipelcoccen; Sanfelice die Anaërobbacillen des Rauchbrandes, des Tetanus, des malignen Ödems; Di Mattei die Sporen und die Bacillen des Rauchbrandes; Tizzoni, Cattani, Penzo die Bacillen des malignen Ödems und des Tetanus; Vincent, Wallard, Turco die Tetanusbacillen; Dumas, Schutzenberg, Regnard die niederen Pilze; Duclaux die Tyrotrix scaber und andere; Celli, Di Blasi das Lyssa Virus u. s. w.[1])

Durch diese beiläufige Uebersicht, mit welcher wir absolut nicht sagen wollen, alle auf dem Felde der Lichtwirkung auf die verschiedenen Mikroorganismen vorgenommenen Studien aufgeführt zu haben, — bezwecken wir einzig hervorzuheben, dass die Autoren dieser Werke bei der Wahl der zu studirenden

1) Die complete Bibliographie dieses Gegenstandes siehe Baum, Zeitschrift für Hygiene, Bd. II, S. 321.

Mikroorganismen die Tuberkelbacillen vermieden haben. — Und doch glauben wir, dass gerade diese Mikroorganismen, ihrer Bedeutung wegen, allgemeines Interesse erregen sollten.

Man muss aber zugeben, dass wohl einerseits die Forscher sich mit den Tuberkelbacillen nicht abgegeben haben, andererseits aber auch Niemand deren Aufmerksamkeit speciell auf diesen Gegenstand gelenkt hat, da selbst Koch, wie er sagt, keine ausgedehnten Untersuchungen hierüber veröffentlicht hat, sondern diesen Gegenstand auf dem internationalen medicinischen Congress vom Jahre 1890 in Berlin, in der ersten allgemeinen Sitzung, in welcher er über »bacteriologische Forschungen« sprach, nur nebenbei berührt hat. In dieser wichtigen Conferenz sprach er wie folgt über diesen Gegenstand:

»Unter diesen Factoren scheint mir einer der wichtigsten das Licht zu sein. — Vom directen Sonnenlicht wusste man schon seit einigen Jahren, dass es Bacterien ziemlich schnell zu tödten vermag. — Ich kann dies für Tuberkelbacillen bestätigen, welche je nach der Dicke der Schicht, in welcher sie dem Sonnenlicht ausgesetzt werden, in wenigen Minuten bis einigen Stunden getödtet werden. Was mir aber besonders beachtenswerth zu sein scheint, ist, dass auch das zerstreute Tageslicht, wenn auch entsprechend langsamer, dieselbe Wirkung ausübt; denn die Culturen der Tuberkelbacillen sterben, wenn sie dicht am Fenster aufgestellt sind, in 5—7 Tagen ab.«

Kurze Zeit hierauf veröffentlichte Feltz, nach anderer Richtung hin, seine Resultate. Dem Sonnenlichte ausgesetzte pulverisirte tuberculöse Auswürfe fand er noch nach 140 Tagen virulent. Wie man sieht, sind diese beiden Ergebnisse nicht geschaffen, um sich gegenseitig zu unterstützen, da sie gerade das Gegentheil beweisen.

Wenn man aber berücksichtigt, dass Koch uns nichts über die Art und Weise seiner Experimente mittheilt, während Feltz selbe unter nicht gewöhnlichen Umständen gemacht hat, so bleibt das Feld der Nachforschungen unberührt.

Ich nahm daher den Rathschlag des Herrn Professors Di Mattei gerne an, diesen Gegenstand näher zu bearbeiten, um

an dessen Erforschung mitzuwirken, dies umsomehr, da es ihm an praktischer Bedeutung nicht fehlt.

Ich begann sofort eine Serie von Experimenten, wobei ich die günstige Jahreszeit, nämlich die bei uns sehr heissen Monate Juli, August und September benützte.

Ich muss hier vorausschicken, dass ich diesen Gegenstand speciell vom praktischen Standpunkte aus zu studiren mir vornahm, um herauszufinden, was unter gewöhnlichen Verhältnissen mit Taschentüchern, Wäsche und sonstigen Stoffen geschehe, die mit tuberculösen Auswürfen bedeckt, der Sonne ausgesetzt werden. Zu diesem Zwecke überstrich ich Leinentücher und Wollstoffe mit tuberculösen Auswürfen, in welchen zuvor reichlich Tuberkelbacillen constatirt worden waren; diese Stoffe wurden hierauf auf Rahmen aufgemacht, um zu vermeiden, dass sie sich im Luftzuge bewegen konnten und sodann im Garten dem directen Sonnenlichte ausgesetzt. Neben den Rahmen waren zwei Thermometer, einer mit glänzender, der andere mit geschwärzter Kugel — da uns ein Actinometer fehlte — angebracht. Die Exposition erfolgte während der heissesten Tagesstunden. Nach einem gewissen Zeitraume, welcher je nach den zu veranstaltenden Experimenten verschieden lang währte, wurde ein Streifen 5 cm lang, 2 cm breit, abgeschnitten, angefeuchtet und unter die Haut von Meerschweinchen — einem Haarseile ähnlich — inoculirt; die Eingangs- und Ausgangsöffnung des Streifens hierauf durch Knochennaht geschlossen.

Gleichzeitig und gewissermaassen als Controle dieser Experimente wurde eine gleiche Stoffquantität durch ½—1 Stunde in sterilisirtem Wasser aufgeweicht, hierauf mit einem Spatel abgeschabt und gut ausgepresst. Die auf diese Art erhaltene Flüssigkeit wurde anderen Meerschweinchen unter die Haut oder an der Bauchhöhle inoculirt.

Um nicht alle Experimente hier aufführen zu müssen, welche in nicht unbedeutender Anzahl gemacht wurden, habe ich sie in nachfolgenden Tabellen zusammengefasst, und ist aus denselben der Verlauf jedes einzelnen Experimentes und das damit erzielte Resultat leicht ersichtlich.

Ich erwähne nur, dass sofort nach dem Tode der einzelnen Thiere die Autopsie derselben vorgenommen wurde. Die Resultate, welche klar genug sind, wurden stets, und speciell in zweifelhaften Fällen, mit der mikroskopischen Untersuchung der Muskeln und Gewebe oder durch darauffolgende Inoculationen contrelirt. Die Thiere, welche nicht starben, wurden nach verschiedenen Zeiträumen getödtet und ein genauer Befund, je nach Bedarf, festgestellt.

Ich glaube es auch nöthig zu erwähnen, dass in den Tabellen, die nach 2, 3, 4, 5, 6 Tagen an pyosepticaemischen Infectionen infolge subcutaner Abscesse gestorbenen Thiere nicht angeführt sind, da ich es nicht nöthig erachtete, dieselben zu berücksichtigen.

Tabelle I.

Mit tuberculösem Auswurf bestrichene und der Sonne ausgestellte Leinenstücke.

Datum des Experiments 1894	Dauer der Sonnenwirkung Std.	Mittlere Temperatur am Thermometer		Thierart	Lebensdauer des Thieres	Ausgang des Experimentes	Bemerkungen
		mit glänzender Kugel	mit geschwärzt. Kugel				
31. Juli	1	37°	41°	Meerschw.	19 Tage	gest. (†)	diffuse Tuberculosis
11. Aug.	2	36,5	40,5	»	15 »	†	»
11. Aug.	3	37	41	»	18 »	†	negativer Befund
21. Juli	5	36,5	40,5	»	45 »	†	diffuse Tuberculosis
21. Juli	5	36,5	40,5	»	30 »	getödtet	negativer Befund
12.–13. Aug.	7	37,5	41,5	Kaninchen	7 »	†	»
25.–26. Juli	10	36	40	Meerschw.	8 »	†	»
15.–17. Aug.	14	37,5	42	Kaninchen	24 »	†	mässige Tuberculosis an den Lungenrändern
15.–19. Aug.	18	37,5	42	»	11 »	†	limitirte Tuberculosis an den Lungenspitzen
15.–19. Juli	24	36	40,5	Meerschw.	24 »	†	negativer Befund
16.–21. Juli	30	36	40,5	»	40 »	†	»
16.–18. Sept.	40	37	41	»	61 »	getödtet	»
14.–22. Sept.	45	37,5	40,5	»	96 »	»	»

Die gestorbenen Thiere, welche bei der Autopsie einen negativen Befund ergaben, d. h. bei welchen ein tuberculöser Process nicht constatirt wurde, zeigten während der Dauer des Experimentes ein fortschreitendes und stark sichtbares Abmagern; eine wirkliche Kachexie.

Tabelle II.

Mit tuberculösem Auswurf bestrichene und der Sonne ausgesetzte Wollstoffe.

Datum des Experiments 1894	Dauer der Sonnenwirkung Std	Mittlere Temperatur am Thermometer mit glänzender Kugel	mit geschwärzt. Kugel	Thierart	Lebensdauer des Thieres	Ausgang des Experimentes	Bemerkungen
20. Juli	1	37°	41°	Meerschw.	22 Tage	gest. (†)	diffuse Tuberculosis
20. »	2	37	41	»	19 »	†	»
20. »	4	36,8	40,7	»	18 »	†	limitirte Tuberculosis an der Lunge
20.–21. »	6	36,5	40,5	»	24 »	†	negativer Befund
20.–21. »	8	37	41	»	26 »	†	»
20.–21. »	10	37,5	42	»	27 »	†	gelinde Tuberculos.
20.–21. »	10	37,5	42	»	30 »	getödtet	negativer Befund
19.–21. »	12	36,9	40,4	»	18 »	†	»
15.–18. Aug.	15	37,5	42	»	25 »	†	limitirte Tuberculos.
15.–20. »	20	37	41	»	26 »	†	negativer Befund
20.–25. »	24	36,9	40,9	»	19 »	†	geringe Tuberkelknoten an d. Lungenrändern
20.–26. »	30	37	41	»	40 »	getödtet	Tuberculosis wie oben
20.–30. »	40	36,8	40,8	»	60 »	»	negativer Befund

Tabelle III.

Waschwasser der mit Auswürfen bestrichenen und der Sonne ausgesetzten Stoffe.

Waschwasser d. Stoffe nach ein. Sonnenwirkung von Stunden	An der Bauchhöhle inoculirtes Thier	Lebensdauer des Thieres	Ausgang des Experimentes	Bemerkungen
2	Meerschweinchen	21 Tage	gestorben (†)	diffuse Tuberculosis
4	»	15 »	†	negativer Befund
6	»	20 »	†	Tuberculosis
8	»	19 »	†	negativer Befund
12	»	18 »	†	»
12	»	18 »	getödtet	»
18	»	24 »	†	limitirte Tuberculosis an der Lunge
24	»	40 »	getödtet	negativer Befund
30	»	50 »	»	»

Aus der Gesammtheit dieser Experimente geht hervor, dass unter den Umständen, unter welchen ich dieselben vorgenommen habe, die mit tuberculösen Auswürfen bestrichenen und der Sonne ausgestellten Leinen- und Wollstoffe fast übereinstimmende Resultate ergeben haben.

Ein kleiner Unterschied scheint jedoch zu Gunsten der Wollstoffe zu bestehen, welcher dadurch erklärt werden kann, dass durch die Dichte der Schicht und das dadurch erfolgende schwerere Eintrocknen die Tuberkelbacillen ihre Virulenz länger bewahren können. Einer besonderen Erwähnung erachten wir aber die bedeutende Widerstandskraft dieser Bacillen werth, da wir dieselben bis zu 24 Stunden verfolgen konnten, obzwar diese Virulenz nach und nach schwächer wurde. Auch müssen wir bemerken, dass die erzielten Resultate nicht immer in wirklich anatomischem Sinne positiv waren, nachdem es sich oft herausstellte, dass, während einige der mit an der Sonne verhältnismässig länger ausgestellt gewesenen Stoffstreifen oder solchem Waschwasser inoculirte Thiere an Tuberculosis starben, andere dagegen, — welche mit an der Sonne eine geringere Zeit ausgestellten Streifen oder solchem Waschwasser experimentirt worden sind, — zwar starben, jedoch ohne specifische Läsionen zu hinterlassen, so genau auch die diesbezüglichen Nachforschungen vorgenommen wurden; oder diese Thiere sind nicht gestorben, oder falls getödtet, so zeigten sie keine nennenswerthen Symptome. Dieses negative Resultat an nicht gestorbenen Thieren kann auf verschiedene Art zufriedenstellend erklärt werden.

In erster Reihe kann man annehmen, dass — nachdem die Tuberkelbacillen nicht gleichmässig in dem Auswurfe vertheilt, sondern in manchen Theilen spärlicher und manchmal auch ganz fehlend, in anderen dagegen und speciell in den kleinen mittleren Knöten reichlicher enthalten sind, — auch beim Aufstreichen auf den Stoff, diese Bacillen nicht immer gleichmässig vertheilt wurden, und kann es daher vorkommen, dass, je nach dem aufgestrichenen Theile des Auswurfes, gewisse Streifen reichhaltiger, andere dagegen ärmlicher sind. Auch darf man nicht

vergessen, dass je nach den Stunden, in welchen die Auswürfe gesammelt werden, deren bacteriologischer Inhalt verschieden sein kann; ausserdem — und ich halte mich besonders an diese Annahme, muss die Dichte der aufgetragenen Auswurfschicht sehr viel beitragen, da — so genau auch das Aufstreichen vorgenommen wurde, doch nicht mit Bestimmtheit erklärt werden kann, dass an einigen Punkten die aufgetragene Schicht nicht dicker und dichter als an anderen Stellen ausgefallen sei, umsomehr, da es sich darum handelt, mit einem dem Auge und der Behandlung widerstrebenden Gegenstand zu arbeiten, und ist es natürlich, dass, je nach der Dichte dieser Schicht, gewissermaassen die Schutzschicht der Bacillen erhöht und diese daher die Wirkung der Sonne in grösserem oder geringerem Maasse fühlen können. Es kann auch die Möglichkeit in Frage kommen, dass nicht alle Bacillen dieselbe Virulenz besitzen, umsomehr, da man ja heute zu Tage der Meinung ist, dass ein Theil der mit dem Auswurfe austretenden Bacillen bereits todt sein könne.

Dagegen bleibt das Resultat, von mir als negativ bezeichnet, welches mit den getödteten oder ohne specifische Anzeichen gestorbenen Thieren erzielt worden ist, zu erklären. Bei näherer Betrachtung dieser Resultate überzeugt man sich, dass dieselben als positive Ergebnisse anzunehmen sind. Wer je Gelegenheit hatte, sich mit Inoculationsversuchen mittelst tuberculösen Materialien zu beschäftigen, wird sicherlich auf ähnliche Resultate gestossen sein.

Maffucci z. B., bekannt durch ähnliche Nachforschungen, hat diese Fälle dem giftigen Einflusse zugeschrieben, welcher durch Stoffwechsel der Tuberkelbacillen auf den ganzen Organismus ausgeübt werden kann, oder aber einem localisirten tuberculösen Processe. — Andere, von De Michele, Cozzolini gemachte Versuche bestätigen diese Annahme.

Gestützt auf die veranstalteten Nachforschungen glaube ich, die folgenden Schlüsse ziehen zu können:

1. Das Sonnenlicht hat, wie auf andere Bacterien, auch auf jene der Tuberculosis einen schädlichen Einfluss.

2. Die Tuberkelbacillen, welche durch Auswürfe Leinen- und Wollstoffe beschmutzen können, widerstehen dem Sonnenlichte eine längere Zeit als 24—30 Stunden, nicht; vorausgesetzt, dass die betreffende Schicht des Auswurfes nicht zu dicht sei.

3. Die Virulenz der Tuberkelbacillen schwächt sich allmählich nach 10—15 Stunden, — dabei immerhin eine beschränkte Tuberculosis entwickelnd, — um schliesslich nach obenerwähntem Zeitraume gänzlich zu erlöschen.

Wie leicht ersichtlich, sind diese Resultate jenen Koch's sehr ähnlich, dagegen aber von jenen, welche Feltz erzielt hat, sehr verschieden, und glaube ich annehmen zu dürfen, dass die Ursache der Verschiedenheit dieser Resultate speciell in der Art der angestellten Versuche zu suchen sei.

Koch's Versuche sind — so weit wir aus seinen kurzen bereits erwähnten Aufzeichnungen ersehen können — mit Rein-Culturen gemacht worden; es ist daher natürlich, dass seine Resultate eine geringere Zeitdauer angeben mussten als jene, welche ich mit aufgestrichenen Auswürfen vorgenommen habe, da ja bekannt ist, dass die Bacillen in Culturen und zwar besonders jene, welche in künstliche Nährböden auf deren Oberfläche cultivirt sind, stärker und schneller den Einfluss des Sonnenlichtes fühlen. Dasselbe zeigt sich mit den in destillirtem Wasser oder in Bouillon, in Nährgelatine, in Agar oder in Kartoffeln (Duclaux) aufbewahrten Culturen. In Auswürfen dagegen, so dünn auch dieselben aufgetragen sein mögen, befinden sich die Bacillen immer in einer Art schleimartiger Gewebe eingeschlossen, welches ihnen unbedingt als Schutz dienen muss und das besonders, wenn infolge der erwärmenden Wirkung des Lichtes diese Gewebe eintrocknen, und den Bacillen eine noch widerstandsfähigere Schutzwand bilden. Hier muss ich aber erwähnen, dass Koch, nur ganz im allgemeinen sprechend, den Zeitraum angibt, während welchem die Bacillen lebend blieben, d. h. wenige Minuten, dagegen aber die längste Zeitdauer nicht bestimmt; er erwähnt nur, dass dieselben wenige Stunden lebten und ist es uns daher unmöglich, diesen Zeitraum näher zu bestimmen. Hinsichtlich der von Feltz erzielten Resultate ist es

nicht möglich, dieselben zu erklären. Sie sind von jenen Koch's und den meinigen weit entfernt, da er pulverisirte tuberculare Auswürfe noch nach 140 Tagen der Sonneneinwirkung virulent fand.

Zahlreich sind die Annahmen und ebenso zahlreich die Objectionen, die man Feltz machen kann; ich unterlasse es jedoch, dieselben hier zu besprechen.

Es kann wohl sein, dass die der Sonne ausgestellten pulverisirten Auswürfe einen bedeutenden Schutz in dem obenbesprochenen Eintrocknen des die Bacillen einschliessenden Gewebes finden. Ohne jedoch seiner Meinung widersprechen zu wollen, glaube ich annehmen zu dürfen, dass verschiedene andere, von der Art und Weise der vorgenommenen Experimente abhängige Umstände hiezu beigetragen haben, und ist es daher unmöglich, uns hierüber auszulassen. Es ist bekannt, dass die Tuberkelbacillen in trockenen pulverisirten Auswürfen Lungenkranker von anderen Forschern noch nach längerer Zeit — 40, 150, 180, 210 Tagen — lebend gefunden worden sind (Sormani, Cornil, Babes, Malasse, Vignal, Schill, Fischer, Cadeac, Malet), ja selbst nach 18 Monaten laut anderen Beobachtern; aber während dieser Zeit waren die Umstände, unter welchen die Experimente vorgenommen wurden, ganz verschieden; zwischen diesen Versuchen und jenen des Feltz ist ein enormer Unterschied, da, um diese lange Dauer der Virulenz zu erlangen, die Bacillen von Sonnenlicht und Luft geschützt würden, und in obigem Falle, der 18 Monate langen Dauer, waren sie in an der Lampe geschlossenen Reagenzgläsern aufbewahrt. Dies war aber sicherlich nicht der Zweck der Feltz'schen Experimente. Wie immer es auch sei — ohne diesem Gegenstand näher treten zu wollen — muss ich noch erwähnen, dass zu gleicher Zeit mit dieser Arbeit — welche uns, von meinem Willen unabhängigen Gründen, nicht sofort veröffentlicht wurde — Untersuchungen der Amerikaner Ransome und Sheridan (New-York Medical Journal Nr. 12, 1894) erschienen sind. Die Autoren nahmen Inoculationen an Kaninchen mit tuberkelbacillenhaltigem Auswurf vor, welcher während verschiedener Zeitdauer

der Wirkung des Lichtes und der Luft ausgesetzt war, sowie auch mit Reinculturen; sie sahen, dass sowohl die in getrockneten und fein zertheilten Materien enthaltenen Bacillen, als jene, welche in Reinculturen dem Lichte und der Luft ausgestellt wurden, sehr schnell ihre Virulenz verlieren, und sind diese Resultate zwar mit jenen Koch's und den meinigen übereinstimmend, dagegen aber gewiss nicht geschaffen, um die Feltzschen Ergebnisse zu bestätigen.

Und um einen praktischen Schluss aus diesen Forschungen zu ziehen, denke ich mit Vergnügen an die Weisheit der alten medicinischen Schule, welche mit ihrem Aphorismus: »wo Sonnenlicht Eintritt hat, da hat der Arzt nichts zu suchen«, zur Heilung der durch natürliche Ansteckungsstoffe entstehenden Infectionskrankheiten den richtigen Weg zeigte, und dies besonders für das Sonnenlicht wie die neuesten wissenschaftlichen Nachforschungen bestätigt haben.

Die Tuberculosis ist in den dunklen und schlecht ventilirten Wohnungen der Armen, in Gefängnissen, wo Luft und Licht fehlt, häufiger vorzufinden, während sie sich nur ausnahmsweise in von Sonnenlichte beschienenen gut ventilirten Häusern entwickelt und fortpflanzt. Es ist daher Pflicht eines jeden Arztes — ausser den Mitteln, die die moderne Heilkunde vorschreibt — darauf zu achten, dass Räume, in welchen tuberculöse Kranke wohnen, dem Sonnenlichte zugänglich und hinreichend ventilirt seien, was durch täglich mehrstündiges Oeffnen der Fenster, vorausgesetzt, dass die klimatischen Verhältnisse dies zugeben, sehr einfach erzielt werden kann. Auch ist darauf zu achten, dass Wohnungen, in welchen Lungenkranke gestorben sind, ausser der nothwendigen starken Desinfection, mehrere Tage offen gehalten, um bestens ventilirt und von der Sonne beschienen zu werden.

Durch Sonnen- und Luftbäder tödtet man die Mikroorganismen, welche in den Räumen enthalten sind und man bessert auch den Zustand der armen Lungenkranken, da wie schon lange bekannt, Luft einen wohlthuenden Einfluss auf die Ernährung hat; und wie De Renzi vor kurzer Zeit bewiesen, und

Darenberg vorausgesagt hat, ist die wohlthuende Wirkung der freien Luft hauptsächlich dem Einflusse des Sonnenlichtes zuzuschreiben[1]).

Und nun am Schlusse dieser Arbeit angelangt, muss ich meinen besten Dank Herrn Professor Di Mattei für seine wirksame Mithilfe aussprechen, welche er mir während der hier berichteten Untersuchungen zu Theil werden liess, sowie auch für das Interesse, welches er hierbei an den Tag gelegt hat.

1) Die Kliniker werden gewiss die hier gemeinten, mit Maass und Vorsicht angewendeten Luft- und Lichtbäder nicht mit dem directen Einflusse des Sonnenlichtes verwechseln, da nach vor Kurzem veranstalteten Nachforschungen von Masella am Hygienischen Institut in Neapel bewiesen wurde, dass das Sonnenlicht, falls längere Zeit auf den Organismus angewendet, dessen Widerstandsfähigkeit gegen Cholera, Typhus-Infectionen vermindern kann.

Zur Beurtheilung der antiseptischen Salben und Oele.

Von

Stabsarzt Dr. **Scheurlen,**

Priv.-Doc. für Hygiene und Bacteriologie an der Kaiser-Wilhelms Universität in Strassburg.

Bei meinen Untersuchungen über Saprol[1]), einem für die Grubendesinfection bestimmten »Desinfectionsöl« bestehend aus 20 % Mineralöl und 80 % roher Carbolsäure, hatte ich die Erfahrung gemacht, dass phenolhaltige Oele einen sehr bemerkenswerthen Desinfectionseffect zu erzielen im Stande sind, dadurch, dass sie an ihre wässrige Umgebung Phenol in genügender Menge abgeben.

Bekanntlich spielte in der ursprünglichen Lister'schen Wund behandlung das Carbolöl eine hervorragende Rolle und sind nachtheilige oder unbefriedigende Wirkungen desselben aus der Praxis nicht bekannt geworden, von den zwei Milzbrandfällen Volkmann's abgesehen, die jedenfalls nicht dem Carbolöl zur Last gelegt werden können[2]).

Dasselbe verschwand aber auf die Verurtheilung Koch's hin mit sammt den übrigen antiseptischen Oelen und Salben aus der chirurgischen Praxis und nur Dermatologie und Augenheilkunde haben, sich auf den praktischen Erfolg stützend, unbeirrt an solchen festgehalten.

Koch hatte bei seinen Untersuchungen über Carbolöl folgende Methode angewandt: er legte trockene Milzbrandsporenseidenfäden in 5proc. Carbolöl und brachte sie unter anderem

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVIII und XIX.

2) Mittheilungen aus dem Kais. Gesundh.-Amt, Bd. I, S. 251.

nach 110 Tagen auf Nährgelatine: sie wuchsen ungeschwächt; trockene Milzbrandbacillenseidenfäden waren in Carbolöl nach 6 Tagen abgestorben, ebenso wie die in reines Olivenöl gelegten und die mit Oel gar nicht in Berührung gebrachten, trocken aufbewahrten Bacillenseidenfäden. Koch schliesst daraus, dass in Oel gelöst die Carbolsäure auch nicht die geringste desinficirende Wirkung äussert; er erwähnt dann noch, dass das Carbolöl bei Berührung mit Wasser einen Theil der Carbolsäure an dieses abgeben werde und so immer noch desinficirend wirken könne. Auf seine Veranlassung hin haben dann Wolffhügel und Knorre die Vertheilung der Carbolsäure zwischen Wasser und Oel innerhalb 24 Stunden bestimmt, indem sie 5proc. Carbolöl mit Wasser und 5proc. Carbolwasser mit Olivenöl meist zu gleichen Theilen miteinander in Berührung brachten; sie fanden, dass die Carbolsäure aus Wasser nach Oel in viel stärkerem Maasse übergeht als umgekehrt und warnen davor, von Carbolöl eine desinficirende Wirkung auf benachbarte wässrige Flüssigkeiten zu erhoffen. Eigene Desinfectionsversuche haben sie nicht angestellt. Rechnet man ihre Resultate aus, so zeigt sich, dass sie mit ihrem 5proc. Carbolöl 0,5—0,7proc. Carbolwasser zu erzeugen vermochten.

Es unterliegt nun keinem Zweifel, dass die geringe Desinfectionswirkung des Carbolöls durch die feste Bindung des Carbol- und Oelmoleküls aneinander bedingt ist, wodurch es Ersterem erschwert wird, in den wasserhaltigen Bacterienleib zu diffundiren, ein Vorgang, der zur Desinfection unbedingt erforderlich ist. Es ist aber von vornherein wahrscheinlich, dass die verschiedenen Oele und Fette dem Carbol gegenüber sich nicht alle gleich verhalten werden, vorausgesetzt natürlich, dass alle im selben Zustand vollständiger Wasserfreiheit sich befinden, denn eine wasserhaltige Salbe wird eben aus dem Grunde der leichteren Diffusion des Phenols von Wasser zu Wasser dasselbe viel leichter an Wasser abgeben, als eine vollständig trockene. Ueber diesbezügliche Versuche soll später berichtet werden.

Auf eine Verschiedenheit der Abgabefähigkeit der Fette an und für sich deutete schon der wesentliche Unterschied in den

Resultaten von Wolfhügel mit Carbololivenöl und meinen Ergebnissen mit Kresolmineralöl (Saprol) hin.

Solche Versuche habe ich im Winter 1893/94 im Verein mit meinem Freunde Stabsarzt Dr. Reinhardt angestellt; eine ausführliche Tabelle über dieselben findet sich am Schluss dieser Abhandlung.

Es wurde untersucht: Gelböl, Paraffinum liquidum, Harzöl und russisches Mineralöl, ferner Mohnöl, Rüböl, Sesamöl, Olivenöl, Erdnussöl, Ricinusöl, Cocosöl, Cacaobutter, Lanolin Liebreich und anhydricum und Vaselin: das Ungt. paraff. der Pharmakopoe.

Unsere Untersuchungsmethode war folgende:

In ein gewöhnliches Viertelliterglas cylindrischer Form von 10 cm Höhe und 8 cm lichtem Weitendurchmesser wurden 200 ccm destillirten Wassers gegossen, darüber wurden 10 ccm des zu untersuchenden Oeles geschichtet oder, wenn es sich um Abgabe des Phenols aus einer Salbe handelte, wurden 10 g auf eine Scheibe weissen Papiers gestrichen und diese mit der bestrichenen Seite nach unten auf die Wasseroberfläche gelegt. Vom Boden des Wasserglases wurden nach bestimmten Zeiten und zuvorigem kurzem Umrühren 20 ccm mit der Pipette entnommen und nach der Seubert-Koppeschar'schen Methode ihr Gehalt an Phenol bestimmt; und zwar so, dass stets je 50 ccm der Bromkalium- und bromsauren Kalilösung und 5 ccm concentrirte Schwefelsäure verwendet und das Ganze mit Zehntelthiosulfatlösung titrirt wurde.

Die Entnahme der Wasserproben vom Grund des Glases geschah zuerst nach der in meiner ersten Abhandlung über Saprol angegebenen Methode, später nach der von Wolffhügel und Knorre, indem wir ein ausgezogenes unten zugeschmolzenes Glasrohr durch die Oelschicht führten, durch Aufstossen auf den Boden öffneten und durch dieses anstandslos die Entnahme des Phenolwassers durch die Oelschicht vollzogen; einen Unterschied zwischen den durch die verschiedenen Methoden erhaltenen Resultaten haben wir nicht bemerkt.

Zuerst untersuchten wir 5proc. Carbollösungen der oben genannten Oele; ich erwähne, dass zur dauernden Lösung von

5 % Carbol in Paraffinum liquidum wir 10 % Olivenöl zusetzen mussten, da ohne Zusatz das in der Hitze gelöste Carbol sich bei der Abkühlung aus dem Paraffin wieder ausscheidet. Die erste Entnahme zur Carbolbestimmung geschah 1—6 Stunden, die zweite 18—24 Stunden nach Beginn des Versuches, wie es eben unsere Zeit uns gestattete; die dritte und vierte je nach weiteren 24 Stunden.

Spätere Entnahmen gaben wiederholt ein geringeres Resultat als die ersten, was von einer Verdunstung des Carbols herrührte, weshalb ich diese Zahlen ausser Betracht lasse. Die Gläser standen meist im Brutschrank bei 37 °. Die wichtigsten aus der grossen Tabelle entnommenen Resultate sind nachstehend kurz zusammengestellt.

Tabelle I.

Carbolgehalt 5%. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	Spec. Gew.	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol	Abgegebene Menge des verwendet. Carbols in %	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol
1	Gelböl . . .	0,866	1.15	0,215	86	19	0,229
2	Paraffin. liq.[1] .	0,880	3	0,15	60	24	0,226
3	Rüböl	0,912	6	0,14	56	25	0,21
4	Mohnöl . . .	0,925	4	0,14	56	23	0,21
5	Cocosöl . . .	0,925	6	0,14	56	25	0,195
6	Sesamöl . . .	0,923	6	0,14	56	25	0,185
7	Olivenöl . . .	0,925	3	0,09	36	24	0,18
8	Erdnussöl . .	0,92	4	0,08	32	23	0,178
9	Harzöl . . .	0,96	1.15	0,03	12	19	0,139
10	Cacaobutter .	0,96	4.30	0,072	28,8	28	0,135
11	Ricinusöl . .	0,963	4	0,037	14,8	23	0,11
12	Lanolin Liebr.	0,973	4.30	0,035	14	23	0,085
13	Lanolin anhyd.	0,973	4.30	0,028	11,2	23	0,08
14	Russ. Mineralöl	—	1.15	0,019	7,6	19	0,06
15	Vaselin . . .	—	1	0,007	2,8	18	0,035

Aus dieser Tabelle erhellt, dass die Carbolabgabe der einzelnen Oele eine ganz verschiedene ist. Während

1) Bedurfte zur Auflösung von 5% Carbol eines Zusatzes von 10% Olivenöl.

Gelböl 86% und Paraffinum liquidum 60% ihres Carbolgehaltes in kurzer Zeit abgaben, gab Olivenöl in ungefähr derselben Zeit nur 36%, die beiden Lanoline nur 14 und 11,2% ab, und Vaselin gar nur 2,8%.

Hieraus folgt, dass es nicht gleichgültig ist, welcherlei Fette als Constituentien für antiseptische Oele und Salben verwendet werden.

Zunächst erhob sich nun die Frage, worauf dieses Verhalten der Fette sich begründe; ob nicht eine andere Eigenschaft derselben gefunden werden könne, die parallel mit dieser Abgabefähigkeit von Carbol verlaufe. Ich habe die Jodzahlen, die Acetylzahlen und die Zähflüssigkeit derselben nachgeschlagen, sie bilden eine ganz andere Reihe; die Löslichkeit des Carbols in ihnen, die hier zweifellos von Einfluss ist, war ich aus anderen Gründen zu bestimmen nicht in der Lage, dagegen zeigte es sich, wie aus obiger Tabelle erhellt, dass das specifische Gewicht mit ganz geringen Abweichungen dieselbe Reihenfolge bildet, wie die Zahlen der Carbolabgabe, so dass man mit ziemlicher Bestimmtheit sagen kann: je geringer das specifische Gewicht eines Oeles bezw. je grösser die Differenz zwischen seinem specifischen Gewicht und dem des Carbols ist, desto leichter gibt das Oel Carbol an Wasser ab.

Nun sind natürlich in einzelnen Fällen noch andere Umstände auf die Grösse der Carbolabgabe von Einfluss, so vor allen Dingen die Temperatur. Ich habe einige Versuche bei Zimmertemperatur angestellt, deren Resultate Tabelle II auf S. 378 zeigt.

Hieraus erhellt, dass bei Zimmertemperatur die Carbolabgabe eine geringere ist, als bei Körpertemperatur, ohne dass übrigens dabei die oben aufgestellte Reihenfolge sich verändern würde; nur wenn das verwendete Oel bei dieser Temperaturabnahme vom flüssigen in den festen Zustand überging, wie z. B. beim Cocosöl und der Cacaobutter, so tritt es aus dieser Reihenfolge heraus und gibt bedeutend weniger Carbol ab.

Tabelle II.

Carbolgehalt 5%. Temperatur 15—20° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol
1	Paraffinum liq.	1	0,05	25	0,20
2	Rüböl . .	3.30	0,1	22	0,18
3	Sesamöl . . .	3.30	0,095	22	0,157
4	Olivenöl . .	1	0,025	25	0,17
5	Cacaobutter .	4.30	0,036	28	0,072
6	Cocosöl . .	3.30	0,027	22	0,04
7	Vaselin . . .	6.30	0,01	25	0,013

Dass weiterhin die Grösse der Carbolabgabe in gewisser Beziehung abhängig ist von dem Procentgehalt des Oeles an Carbol, beweisen nachstehende zwei Versuche mit 20proc. Carbololivenöl und Carbollanolin.

Tabelle III.

Carbolgehalt 20%. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol
1	Olivenöl . . .	5.50	0,548	24.20	0,632
2	Lanolin L. . .	5.50	0,150	24.20	0,326

Ich konnte sonach mit diesen starken Lösungen ein 0,6 bezw. 0,3proc. Carbolwasser erzielen.

Dass auch die Mengenverhältnisse zwischen Salbe und Wasser und die Grösse der Berührungsfläche bis zu einem gewissen Grad von Einfluss auf die Grösse der Carbolabgabe sein müssen, begnüge ich mich als selbstverständlich erwähnt zu haben.

Es ist nun natürlich, dass von den in diesen Versuchen im günstigsten Falle erzielten 0,2proc. Carbollösungen nur eine geringe antiseptische Wirkung zu erwarten ist, wenn auch zugegeben werden muss, dass bei grösseren Oel- und geringeren Wassermengen der Procentgehalt des Wassers an Phenol sich

nicht unwesentlich heben wird, wie dies z. B. aus den Wolfhügel-Knorre'schen Versuchen hervorgeht, oder wie es in der Praxis bei Salbenbehandlung einer Schleimhaut oder einer Wunde der Fall sein wird, die beide nur minimale Mengen wässriger Flüssigkeit absondern.

Aus diesem Grund musste ich mit Nothwendigkeit, ganz abgesehen von meinen Erfahrungen mit Saprol zu Versuchen mit dem an Desinfectionswerth stärkeren und gleichzeitig weniger ätzenden Kresol kommen. Ich habe infolgedessen die entsprechenden Versuche mit reinem, krystallisirtem o-Kresol und reinem flüssigen m-Kresol angestellt.

Es zeigte sich hier in den der Tabelle I analog angelegten Versuchen, wie nicht anders zu erwarten war, genau dieselbe Reihenfolge der Oele bezüglich ihrer Kresolabgabe wie beim Carbol; die Resultate veranschaulicht

Tabelle IV.

o-Kresolgehalt 5%. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol
1	Gelböl	4.30	0,175	24	0,1589
2	Paraffinum liq	4.30	0,1	24	0,1125
3	Olivenöl . . .	4.30	0,07	24	0,12
4	Lanolinum L. .	4.30	0,028	24	0,0738

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen des Carbolversuchs, so erkennt man, dass entsprechend dem geringeren Lösungsvermögen des Kresols in Wasser stets etwas weniger Kresol in derselben Zeiteinheit abgegeben wurde als Carbol. Das Verhältnis der Menge des ausgelaugten Kresols zu der des Carbols schwankte zwischen 1 : 1,25 bis 2,0; in weitaus den meisten Versuchen lag das Verhältnis 1 : 1,5 vor. Zieht man nun in Betracht, dass eine 1proc. Kresollösung einer 3proc. Carbollösung an Desinfectionswerth gleichkommt, — sie sich also wie 1 : 3 verhalten — so kann geschlossen werden, dass man bei Anwendung von Kresolöl eine etwa doppelt so starke

Desinfectionswirkung erhalten wird, wie bei Anwendung des entsprechenden Carbolöls.

Bei stärkeren Kresolölen — ich habe mit 10- und 20proc. experimentirt — erzielt man auch eine stärkere Kresolabgabe.

Tabelle V.

o-Kresolgehalt 10%. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol
1	Paraffinum liq.	1	0,306	24	0,4644
2	Olivenöl . . .	1	0,135	24	0,333
3	Lanolin L. . .	1	0,059	24	0,144
4	Vaselin . . .	2.50	0,095	28	0,234
	o-Kresolgehalt 20%. Temperatur 37° C.				
1	Gelböl . . .	3.20	0,269	24	0,43
2	Paraffinum liq	3.20	0,268	24	0,40
3	Olivenöl . . .	3.20	0,205	24	0,34
4	Lanolin L. . .	3.20	0,05	24	0,19

Von ganz besonderem Interesse ist nun das Verhalten des Paraffinum liquidum und des Ungt. paraffini (Vaselin) deshalb, weil nach den obigen Versuchen das erstere nahezu die beste, das letztere thatsächlich die schlechteste Abgabefähigkeit zeigte, während doch beide in sehr naher Beziehung zu einander stehen, da das Ungt. paraffini ein Paraffinum liquidum ist, in dem 25% Paraffinum solidum aufgelöst sind.

Zur Aufklärung, ob dieser Zusatz von Paraffinum solidum thatsächlich einen solch ausgesprochen ungünstigen Einfluss ausübe, stellte ich mir 4 Vaseline her, die 5, 10, 20 und 25 Paraffinum solidum auf 100 Paraffinum liquidum enthielten.

Mit diesen vier Mischungen, von welchen die erste nur bei niedriger Zimmertemperatur fest war, stellte ich zuerst mit 5% Carbolzusatz Versuche an. (Folgt Tabelle VI S. 381.)

Diese Versuche bestätigen sonach durchaus, dass mit dem Zusatz von Paraffinum solidum die Carbolabgabe abnahm; sie zeigen ferner, dass die 5proc. und 10proc. solidum-Lösung etwas besser als Olivenöl das Carbol abgaben, während die 20- und

25proc. Mischungen oberhalb und unterhalb des russischen Mineralöls zu stehen kamen.

Tabelle VI.

5% Karbolgehalt. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an Carbol
1	5 Paraffin. solid. : 100 Par. liq.	1	0,0995	17.30	0,1858
2	10 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,056	17.30	0,207
3	20 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,0122	17.30	0,078
4	25 Paraffin sol. : 100 Par. liq.	1	0,0078	17.30	0,007

Dieselben Versuche wurden mit *o*-Kresol angestellt.

Tabelle VII.

5% o-Kresolgehalt. Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol	2. Entnahme nach ? Stunden	% Gehalt des Wassers an o-Kresol
1	5 Paraffin solid. : 100 Par. liq.	1	0,124	24	0,196
2	10 Paraffin. sol : 100 Par. liq.	1	0,0774	24	0,216
3	20 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,0423	24	0,1179
4	25 Paraffin. sol. 100 Par. liq.	1	0,045	24	0,125

Hier zeigte die 5- und 10proc. solidum-Lösung ein günstigeres Verhalten als selbst das Gelböl, während die 20- und 25proc. Mischungen zwischen Olivenöl und Lanolin eingereiht werden können.

Bei 10% Kresol enthaltenden Salben erhielt ich ein entsprechend stärkeres Resultat.

Tabelle VIII.

10% o-Kresolgehalt, in der 2. Versuchsreihe 10% m-Kresolgehalt.
Temperatur 37° C.

Nr.	Substanz	1. Entnahme nach ? Stund.	% Gehalt des Wassers an o-Kresol	% Gehalt des Wassers an m-Kresol	2. Entnahme nach ? Stund.	% Gehalt des Wassers an o-Kresol	% Gehalt des Wassers an m-Kresol
1	5 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,25	0,349	24	0,388	0,423
2	10 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,24	0,27	24	0,372	0,459
3	20 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,098	0,14	24	0,297	0,394
4	25 Paraffin. sol. : 100 Par. liq.	1	0,088	0,09	24	0,289	0,307

Diese Versuche wurden mit o-Kresol und m-Kresol ausgeführt, beide verhielten sich ziemlich gleich.

Der letzte Versuch vom 19. April 1894 (s. grosse Tabelle) wurde so angestellt, dass statt reinen Wassers eine Predigiosussuspension genommen, und ½, 5 und 24 Stunden nach Aufbringen der Salbe von je drei Tropfen Suspension, entnommen am Boden des Glases, Gelatineplatten gegossen wurden. Von den Salben bezw. Oelen 69)[1]) Paraffinum liquidum 100, solidum 10 und o-Kresol 10, 71)[1]) Paraffinum liquidum 100 solidum 10 und m-Kresol 10, 73)[1]) Paraffinum liquidum 80, ol. oliv. 20 m-Kresol 10, wuchsen nach ½ Stunde 69) 16, 71) 700, 73) 22 Prod.-Colonien bei den andern und bei diesen von 5 Stunden an war alles steril, während die Controlplatten reichliches Wachsthum zeigten.

Dieser Versuch wurde in der Weise wiederholt, dass zu 100 ccm Prod. susp. 100 ccm sterilisirtes Blutserum gegossen und nach tüchtiger Mischung auf diese Aufschwemmung je 10 g der Salben des Versuchs vom 19. April 1894 gebracht wurden; die Platten wurden nach ½, 5 und 24 Stunden gegossen. Während auf sämmtlichen nach ½ Stunde gegossenen Platten Wachs-

1) s. Haupttabelle.

thum zu sehen war, blieb es bei denen nach 5 und 24 Stunden gegossenen aus; auf allen Controlplatten erfolgte reichliches Wachsthum.

Es üben diese Salben also auch auf stark eiweisshaltige Flüssigkeiten eine sehr ausgesprochene Desinfectionswirkung aus.

Somit geht im allgemeinen aus all diesen Versuchen hervor, dass für den Desinfectionswerth von antiseptischen Oelen und Salben das Constituens von sehr wesentlichem Einfluss ist, und dass es sehr wohl der Mühe werth erscheint, dass namentlich die kleine, ambulante Chirurgie die Verwendung der Salben wieder in Betracht zieht; ich kann nur erwähnen, dass bei meiner militärischen Praxis ich namentlich in den letzten zwei Manövern 1894 und 1895, sowohl was Resultat, als Einfachheit der Handhabung des Desinfectionsmittels betrifft, mit einer Kresolsalbe: 100 Paraffinum liquidum, 10—15 Paraffinum solidum und 5—10 Kresol, sehr zufrieden war. Namentlich bei Eiterungen bewährte sich diese Salbe ausgezeichnet. Eröffnung und Ausstreichung mit derselben brachte den Process regelmässig sofort zu Stillstand und Heilung, wie überhaupt Jodoform vollständig entbehrt werden konnte. Ich erwähne noch, dass bei 10proc. Kresolsalbe kurze Zeit nach der Anwendung über Brennen geklagt wurde, was bald nachliess. Auf Schleimhäute also könnte dieselbe keine Verwendung finden, wie ich überhaupt weit entfernt bin, weitere Vorschläge für die Praxis zu machen, hier muss einfach mit Versuchen begonnen werden. Unsere Laboratoriumsexperimente haben mit den Verhältnissen der Praxis doch nur eine sehr entfernte Aehnlichkeit; immerhin geben sie genügend Anhaltspunkte und würden, um nur ein Beispiel zu erwähnen, früher angestellt, die meisten deutschen Staaten davon abgehalten haben, in der Hebammenpraxis an Stelle des immerhin ganz leidlichen Carbolöls das wesentlich schlechtere Carbolvaselin einzuführen.

(Hieran schliesst sich die Haupttabelle S. 384—391.)

Haupt-

Datum und Nummer	Substanz 10 ccm auf 200 ccm Wasser	1. Entnahme nach wie viel Stunden und in welcher Menge	Verbrauchtes 1/10 n-Natrium-thiosulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	Aus dem Oel abgegebenes Phenol in %	Versuchs-temperatur	2. Entnahme
1) 16. XI. 93	5 proc. Carbol-Olivenöl	1 Std. 20 ccm	26,7 = 0,0051 g	0,0255	10,0	15° C	23 Std.
2) 16. XI. 93	5 proc. Carbol-Paraffin. liquidum	»	23,5 = 0,01 g	0,05	20,0	»	»
3) 21. XI. 93	5 proc. Carbol-Olivenöl	25 Min. 20 ccm	27,5 = 0,003 g	0,0195	7,84	»	6½ Std.
4) 21. XI. 93	5 proc. Carbol-Paraffin. liq.	»	26,3 = 0,0058 g	0,029	11,6	»	»
5) 21. XI. 93	5 proc. Carbol-Vaselin (geschmolzen auf das Wasser gegossen)	»	29,0 = 0,0015 g	0,007	3,0	»	»
6) 25. XI. 93	5 proc. Carbol-Lanolin	43 Std. 20 ccm	24,7	0,041	—	»	48 Std.
7) 25. XI. 93	5 proc. Carbol-Lanolin	»	25,9	0,032	—	»	»
8) 29. XI. 93	5 proc. Carbol-Olivenöl	3 Std. 20 ccm	17,6	0,09	36,0	37° C.	24 Std.
9) 29. XI. 93	5 proc. Carbol-Paraffin. liq.	»	9,8	0,15	60,0	»	»
10) 4. XII. 93	5 proc. Carbol-Olivenöl	18 Std. 20 ccm	8,2	0,17	68,0	»	42 Std.
11) 4. XII. 93	5 proc. Carbol-Vaselin	»	25,7	0,035	14,0	»	»
12) 7. XII. 93	5 proc. Carbol-Lanolin Liebreich	4 Std. 30 Min. 20 ccm	25,7	0,035	14,0	»	23 Std.
13) 7. XII. 93	5 proc. Carbol-Lanolin-anhydricum	»	26,3	0,028	11,2	»	»
14) 12. XII. 93	5 proc. Carbol-Cacaobutter (geschmolzen aufgegossen)	30 Min. 20 ccm	28,0	0,015	6,0	»	4 Std. 30 Min.
15) 12. XII. 93	5 proc. Carbol-Cacaobutter (aufgestrichen)	»	28,5	0,011	4,4	15° C.	»
16) 15. XII. 93	5 proc. Carbol-Sesamöl	3 Std. 30 Min. 20 ccm	17,8	0,095	38,0	»	22 Std.
17) 15. XII. 93	5 proc. Carbol-Rüböl	»	17,2	0,1	40,0	»	»
18) 15. XII. 93	5 proc. Carbol-Cocosöl	»	26,5	0,027	10,8	»	»
19) 19. XII. 93	5 proc. Carbol-Sesamöl	1 Std. 20 ccm	23,6	0,05	20,0	37° C.	6 Std.
20) 19. XII. 93	5 proc. Carbol-Rüböl	»	24,0	0,045	18,0	»	»
21) 19. XII. 93	5 proc. Carbol-Cocosöl	»	26,9	0,024	9,6	»	»
22) 5. I. 94	5 proc. Carbol-Ricinusöl	4 Std. 20 ccm	25,2	0,037	14,8	»	23 Std.
23) 5. I. 94	5 proc. Carbol-Erdnussöl	»	19,2	0,08	32,0	»	»
24) 5. I. 94	5 proc. Carbol-Mohnöl	»	11,4	0,14	56,0	»	»
25) 9. I. 94	5 proc. Carbol-Russisches Mineralöl	1 Std. 15 Min. 20 ccm	27,5	0,019	7,6	»	19 Std.
26) 9. I. 94	5 proc. Carbol-Harzöl	»	25,7	0,03	12,0	»	»
27) 9. I. 94	5 proc. Carbol-Raffinirtes Gelböl	»	2,2	0,215	86,0	»	»

tabelle.

1/10 n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	3. Entnahme	1/10 n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	4. Entnahme	1/10 n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	5. Entnahme	1/10 n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol
9,5 = 0,032 g	0,16	43 Std.	5,4 = 0,0405 g	0,2025	—	—	—	—	—	—
8,0 = 0,034 g	0,17	»	6,1 = 0,0376 g	0,188	—	—	—	—	—	—
14,8 = 0,0238 g	0,119	25 Std.	8,5 = 0,034 g	0,17	30 Std.	7,4 = 0,035 g	0,175	—	—	—
12,5 = 0,0274 g	0,137	»	3,4 = 0,0417 g	0,20	»	5,9	0,188	—	—	—
28,7 = 0,0021 g	0,01	»	28,3	0,013	»	28,1	0,014	—	—	—
24,2	0,045	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25,7	0,034	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	0,18	18 Std.	5,3	0,193	72 Std.	5,7	0,19	—	—	—
2,3	0,226	»	2,6	0,21	»	2,5	0,21	—	—	—
7,7	0,174	66 Std.	7,4	0,175		—	—	—	—	—
26,0	0,031	»	25,8	0,034	—	—	—	—	—	—
19,0	0,085	47 Std.	15,8	0,11	95 Std.	13,7	0,127	—	—	—
19,7	0,08	»	16,6	0,104	»	15,2	0,115	—	—	
20,7	0,072	28 Std.	12,6	0,135	48 Std.	13,4	0,13	72 Std.	14,6	0,12
25,3	0,036	»	20,6	0,072	»	17,9	0,094	»	15,0	0,11
9,9	0,157	70 Std.	9,4	0,16	94 Std.	9,4	0,16	—	—	—
6,3	0,18	»	7,3	0,176	»	7,7	0,17	20 Tage	14,2	0,13
24,7	0,04	»	24,1	0,04	»	23,3	0,05	—	—	—
11,4	0,14	25 Std.	5,8	0,185	72 Std.	8,4	0,17	96 Std.	9,9	0,157
11,8	0,14	»	3,0	0,21	»	4,8	0,19	»	6,4	0,18
11,3	0,14	»	5,1	0,195	»	7,5	0,17	»	8,6	0,16
15,7	0,11	47 Std.	13,7	0,12	62 Std.	13,3	0,13	—	—	—
7,1	0,178	»	7,3	0,17	»	7,5	0,17	—	—	—
3,0	0,21	»	3,2	0,20	»	4,2	0,20	—	—	—
21,9	0,06	44 Std.	21,7	0,06	73 Std.	22,3	0,04	—	—	—
12,2 = 0,02791 g	0,139	»	11,3	0,14	»	11,9	0,09	—	—	—
— 0,7 = 0,0481 g	0,229	»	0,2	0,22	»	1,4	0,22	—	—	—

Fortsetzung der

Datum und Nummer	Substanz 10 ccm auf 200 ccm Wasser	1. Entnahme nach wie viel Stunden und in welcher Menge	Verbrauchtes 1/10 n-Natrium-thiosulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	Aus dem Oel abgegebenes Phenol in %	Versuchstemperatur	2. Entnahme
28) 8. II. 94	20 proc. Carbol-Olivenöl	40 Min. 20 ccm	2,2 = 0,04359 g	0,218	21,8	37° C.	5 St. 50 M. 5 ccm
29) 8. II. 94	20 proc. Lanolin L.	»	25,8 = 0,00658 g	0,033	3,3	»	»
30) 1. III. 94	5 proc. o-Kresol-Gelböl	1 Std. 30 Min. 20 ccm	10,5 = 0,035 g	0,175	70,0	37° C.	24 Std. 20 ccm
31) 1. III. 94	5 proc. o-Kresol-Paraffin. liquidum	»	18,8 = 0,02 g	0,1	40,0	»	»
32) 1. III. 94	5 proc. o-Kresol-Olivenöl	»	22,0 = 0,0144 g	0,07	28,0	»	»
33) 1. III. 94	5 proc. o-Kresol-Lanolin L.	»	26,8 = 0,00576 g	0,0288	11,5	»	»
34) 9. III. 94	20 proc. o-Kresol-Lanolin L.	3 Std. 20 Min. 20 ccm	24,3 = 0,01 g	0,05	5,0	37° C.	24 Std. 10 ccm
35) 9. III. 94	20 proc. o-Kresol-Olivenöl	»	6,1 = 0,043 g	0,205	20,5	»	»
36) 9. III. 94	20 proc. o-Kresol-Paraffin. liquidum	»	0,2 = 0,05364 g	0,268	26,8	»	»
37) 9. III. 94	20 proc. o-Kresol-Gelböl	»	0,1 = 0,05382 g	0,269	26,9	»	»
38) 13. III. 94	10 proc. o-Kresol-Lanolin L.	2 Std. 50 Min. 10 ccm	27,7 = 0,00414 g	0,0414	8,24	37° C.	28 St. 20 M. 10 ccm
39) 13. III. 94	10 proc. o-Kresol-Olivenöl	»	24,3 = 0,01026 g	0,1026	20,52	»	»
40) 13. III. 94	10 proc. o-Kresol-Paraffin liquidum	»	18,1 = 0,02142 g	0,214	42,84	»	»
41) 13. III. 94	10 proc. o-Kresol-Vaselin	»	24,7 = 0,00954 g	0,095	19,08	»	»
42) 30. III. 94	5 Carbol[1] 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	1 Std. 20 ccm	17,3 = 0,0199 g	0,0995	39,8	37° C.	17½ Std. 20 ccm
43) 30. III. 94	5 Carbol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	22,8 = 0,011289 g	0,056	22,4	»	»
44) 30. III. 94	5 Carbol 20 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	28,4 = 0,00244 g	0,012	4,8	»	»
45) 30. III. 94	5 Carbol 25 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	29,0 = 0,00156 g	0,0078	3,13	»	»

1) Stets wurde natürlich krystallisirtes wasserfreies Carbol und Kresol verwendet.

Haupttabelle.

$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	3. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	4. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	5. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol
12,5 = 0,0274 g	0,548	24St.20M. 5 ccm	9,8 = 0,0316 g	0,632	48 Std. 5 ccm	10,4 = 0,0307 g	0,614	72 Std. 5 ccm	11,0 = 0,0297 g	0,5958
25,2 = 0,00752 g	0,15	»	19,6 = 0,0168 g	0,326	»	16,9 = 0,0205 g	0,41	»	16,1 = 0,02179 g	0,4359
12,4 = 0,03168 g	0,1589	48 Std. 20 ccm	10,7	0,17	96 Std. 20 ccm	15,2 = 0,0266 g	0,133	—	—	—
17,5 = 0,0225 g	0,1125	»	16,5 = 0,0243 g	0,12	»	20,9 = 0,01638 g	0,08	—	—	—
16,7 = 0,024 g	0,12	»	16,5	0,12	»	20,7	0,08	—	—	—
21,8 = 0,0147 g	0,0738	»	20,5 = 0,017 g	0,085	»	20,1 = 0,0178 g	0,089	—	—	—
19,4 = 0,019 g	0,19	48 Std. 10 ccm	17,6 = 0,0223 g	0,22	—	—	—	—	—	—
10,7 = 0,0347 g	0,347	»	6,9 = 0,0413 g	0,4138	—	—	—	—	—	—
7,4 = 0,04068 g	0,406	»	7,2 = 0,049 g	0,49	—	—	—	—	—	—
5,5 = 0,043 g	0,43	»	8,0 = 0,0397 g	0,397	—	—	—	—	—	—
23,1 = 0,0124 g	0,124	47 Std. 10 ccm	21,9 = 0,01458 g	0,1458	76 Std. 10 ccm	21,3 = 0,01466 g	0,146	—	—	—
18,8 = 0,02016 g	0,201	»	18,7	0,2	»	19,4 = 0,019 g	0,19	—	—	—
13,9 = 0,02898 g	0,289	»	14,0 = 0,0288 g	0,288	»	14,3 = 0,02826 g	0,282	—	—	—
17,0 = 0,0234 g	0,234	»	14,7 = 0,0275 g	0,275	»	18,4 = 0,0298 g	0,298	—	—	—
6,3 = 0,037 g	0,185	42 Std. 20 ccm	6,3	0,185	66 Std. 20 ccm	6,4	0,18	—	—	—
8,5 = 0,0415 g	0,207	»	0,1 = 0,0468 g	0,234	»	0,05 = 0,0469 g	0,234	—	—	—
20,0 = 0,0156 g	0,0784	»	15,1 = 0,0233 g	0,116	»	13,9 = 0,025 g	0,126	—	—	—
21,0 = 0,014 g	0,07	»	15,7 = 0,0224 g	0,112	»	13,1 = 0,02649 g	0,132	—	—	—

Fortsetzung der

Datum und Nummer	Substanz 10 ccm auf 200 ccm Wasser	1. Entnahme nach wie viel Stunden und in welcher Menge	Verbrauchtes 1/10 n-Natrium-thiosulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	Aus dem Oel abgegebenes Phenol in %	Versuchs-temperatur	2. Entnahme
46 11. IV. 94	5 o-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	1 Stunde 20 ccm	22,7 = 0,01314 g	0,06	24,0	20° C.	5½ Std. 20 ccm
47 11. IV. 94	5 o-Kresol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	24,6 = 0,00972 g	0,048	19,44	»	»
48 11. IV. 94	5 o-Kresol 20 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum		27,0 = 0,0054 g	0,027	10,8	»	»
49 11. IV. 94	5 o-Kresol 25 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	26,7 = 0,00594 g	0,0297	11,8	»	»
50 12. IV. 94	5 o-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	1 Stunde 20 ccm	16,2 = 0,0248 g	0,124	49,6	37° C.	4½ Std. 20 ccm
51 12. IV. 94	5 o-Kresol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	21,4 = 0,0154 g	0,0774	30,96	»	»
52 12. IV. 94	5 o-Kresol 20 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	25,3 = 0,00846 g	0,0423	16,92	»	»
53 12. IV. 94	5 o-Kresol 25 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum		25,0 = 0,009 g	0,045	18,0	»	»
54 16. IV. 94	10 o-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	1 Stunde 20 ccm	2,2 = 0,05 g	0,25	50,0	37° C.	5 Std. 10 ccm
55 16. IV. 94	10 o-Kresol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	3,1 = 0,048 g	0,242	48,4	»	»
56 16. IV. 94	10 o-Kresol 20 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	19,1 = 0,0196 g	0,098	19,6	»	»
57 16. IV. 94	10 o-Kresol 25 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	20,2 = 0,0176 g	0,088	17,64	»	»
58 17. IV. 94	10 m-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	1 Stunde 10 ccm	10,6 = 0,03492 g	0,3492	69,84	37° C.	6 Std. 10 ccm
59 17. IV. 94	10 m-Kresol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	14,8 = 0,02736 g	0,2736	54,72	»	»

Haupttabelle.

$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	3. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	4. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	5. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol
12,1 = 0,0322 g	0,16	24 Std. 20 ccm	5,3 = 0,044 g	0,2223	—	—			—	—
14,8 = 0,02736 g	0,136	»	4,2 = 0,0464 g	0,232	—	—	—		—	—
22,1 = 0,0142 g	0,07	»	14,9 = 0,02718 g	0,135	—	—	—	—		—
21,5	0,067	»	9,0 = 0,0378 g	0,189	—	—	—	—		—
9,2 = 0,0374 g	0,187	24 Std. 20 ccm	8,2 = 0,039 g	0,196	—	—	—	—	—	—
15,0 = 0,027 g	0,135	»	6,0 = 0,0432 g	0,216	—	—	—	—	—	—
20,8 = 0,0165 g	0,082	»	16,9 = 0,0235 g	0,1179	—	—	—	—	—	—
20,5 = 0,0171 g	0,085	»	16,1 = 0,025 g	0,125		—	—	—	—	—
8,8 = 0,036 g	0,381	24 Std. 10 ccm	8,4 = 0,038 g	0,388	—	—	—	—	—	—
10,2 = 0,0356 g	0,356	»	9,3 = 0,037 g	0,372	—	—	—	—	—	—
18,2 = 0,021 g	0,2124	»	13,5 = 0,0297 g	0,297	—	—	—	—	—	—
18,4 = 0,02 g	0,208	»	13,9 = 0,0239 g	0,2898		—	—	—	—	—
6,0 = 0,0432 g	0,432	24 Std 10 ccm	6,5 = 0,0423 g	0,423		—	—	—	—	—
9,1 = 0,03762 g	0,376	»	4,5 = 0,0459 g	0,459	—	—	—	—	—	—

Fortsetzung der

Datum und Nummer	Substanz 10 ccm auf 200 ccm Wasser	1. Entnahme nach wie viel Stunden und in welcher Menge	Verbrauchtes $^{1}/_{10}$ n-Natriumthiosulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	Aus dem Oel abgegebenes Phenol in %	Versuchstemperatur	2. Entnahme
60 17. IV. 94	10 m-Kresol 20 Paraffin solidum 100 Paraffin liquidum	1 Stunde 10 ccm	22,0 = 0,0144 g	0,144	28,8	37° C	6 Std 10 ccm
61 17. IV. 94	10 m-Kresol 20 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	25,0 = 0,009 g	0,09	18,0	»	»
62 18. IV. 94	10 proc. o-Kresol-Olivenöl	1 Stunde 10 ccm	22,5 = 0,0135 g	0,135	27,0	37° C.	6 Std. 10 ccm
63 18. IV. 94	10 proc. o-Kresol-Lanolin L.	»	26,7 = 0,00594 g	0,0594	11,88	»	»
64 18. IV. 94	10 proc. o-Kresol-Paraffin. liquidum	»	13,0 = 0,0306 g	0,306	61,2	»	»
65 18. IV. 94	10 proc. m-Kresol-Olivenöl	»	23,1 = 0,01242 g	0,1242	24,84	»	»
66 18. IV. 94	10 proc. m-Kresol-Lanolin L.	»	26,0 = 0,0072 g	0,072	14,4	»	»
67 18. IV. 94	10 proc. m-Kresol-Paraffin. liquidum	»	16,1 = 0,025 g	0,25	50,0	»	»
68 19. IV. 94	10 o-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	24 Stunden 10 ccm	1,3 = 0,0516 g	0,516	77,49	37° C.	—
69 19. IV. 94	10 o-Kresol 10 Paraffin solidum 100 Paraffin. liquidum	»	1,5 = 0,0513 g	0,513	76,9	»	—
70 19. IV. 94	10 m-Kresol 5 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	3,4 = 0,0478 g	0,478	71,8	»	—
71 19. IV. 94	10 m-Kresol 10 Paraffin. solidum 100 Paraffin. liquidum	»	9,6 = 0,0367 g	0,367	55,0	»	—
72 19. IV. 94	10 o-Kresol 20 Olivenöl 80 Paraffin. liquidum	»	1,3 = 0,0516 g	0,516	77,4	»	—
73 19. IV. 94	10 m-Kresol 20 Olivenöl 80 Paraffin. liquidum	»	1,0 = 0,0522 g	0,522	78,3	»	

Haupttabelle.

$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	3. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	4. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol	5. Entnahme	$^1/_{10}$ n-Natrium-thio-sulfat in ccm = ? g Phenol	% Gehalt des Wassers an Phenol
15,1 = 0,02682 g	0,268	24 Std. 10 ccm	8,1 = 0,0394 g	0,394	—	—	—	—	—	—
20,9 = 0,01638 g	0,163	»	12,9 = 0,03078 g	0,307	—	—	—	—	—	—
14,5 = 0,0279 g	0,279	24 Std. 10 ccm	11,5 = 0,033 g	0,33	—	—	—	—	—	—
25,1 = 0,0088 g	0,088	»	22,0 = 0,0144 g	0,144	—	—	—	—	—	—
4,6 = 0,0457 g	0,457	»	4,2 = 0,0464 g	0,464	—	—	—	—	—	—
15,7 = 0,0257 g	0,257	»	12,5 = 0,0315 g	0,315	—	—	—	—	—	—
23,1 = 0,0124 g	0,124	»	19,4 = 0,019 g	0,19	—	—	—	—	—	—
3,9 = 0,0469 g	0,469	»	3,2 = 0,0482 g	0,482	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

